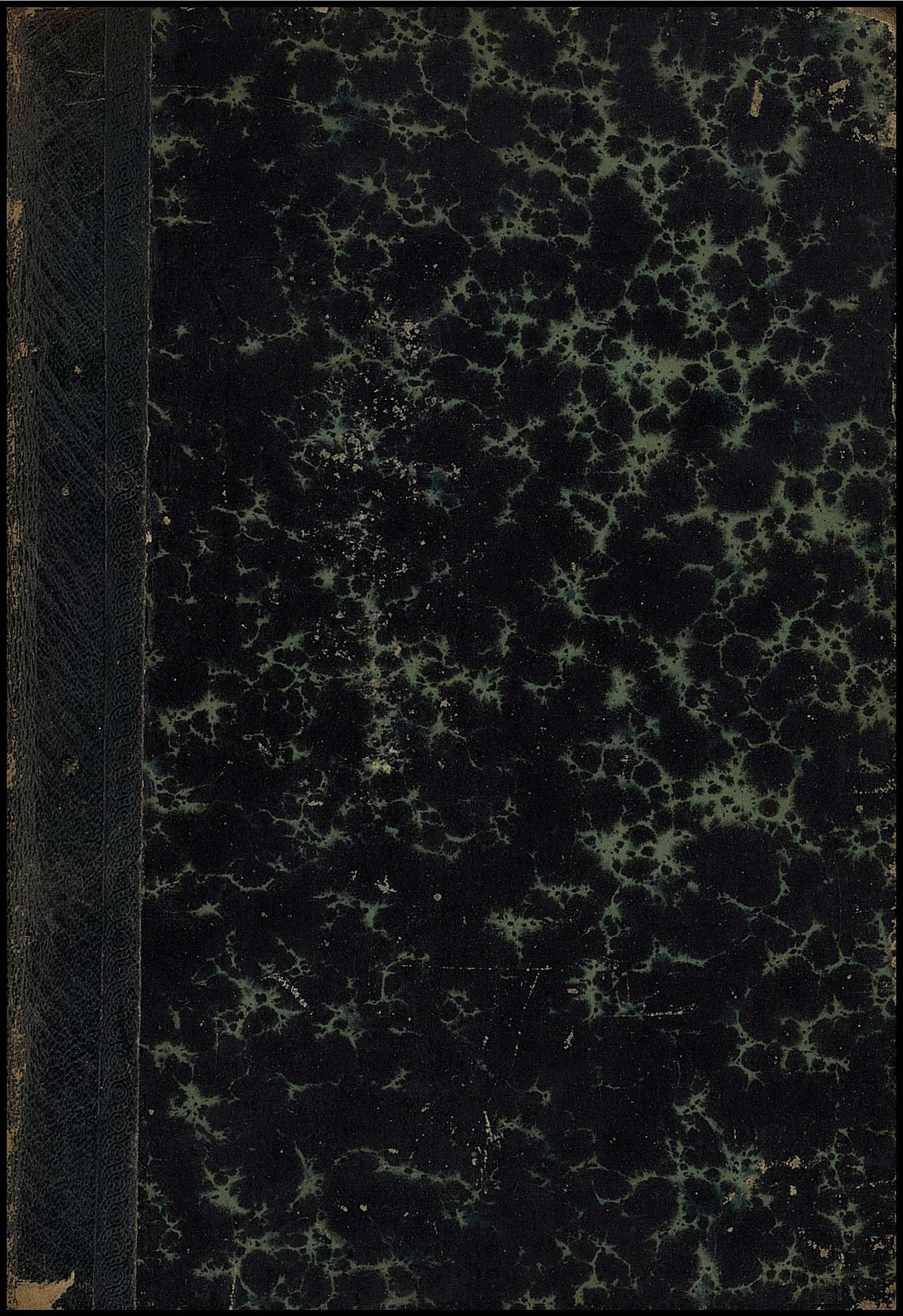
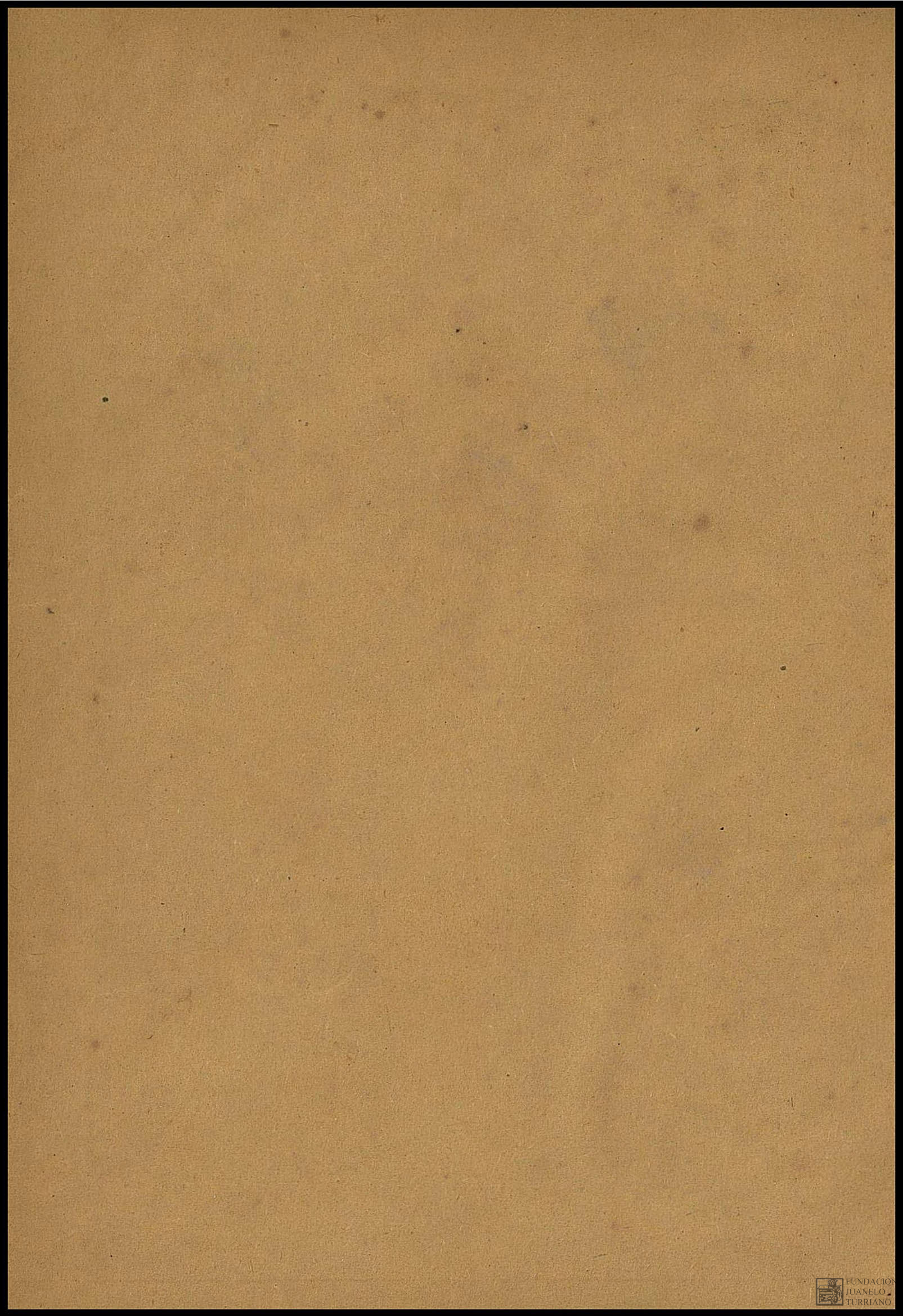


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

R 9588
4 ANT/174

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

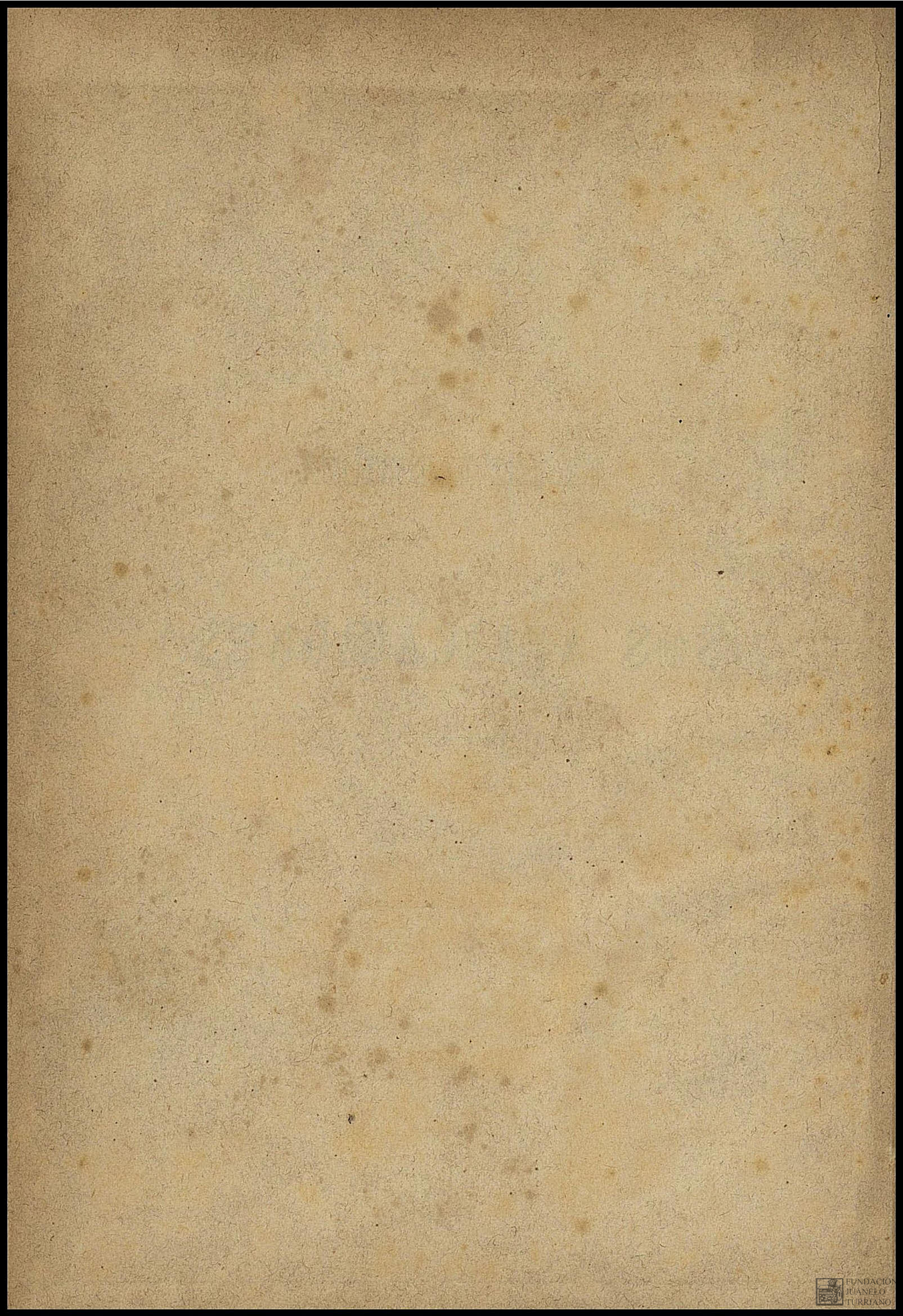

FUNDACION
JUANELO
TURRIANO

LA LUZ ELÉCTRICA

Y

SUS APLICACIONES.




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

LA LUZ ELÉCTRICA

Y

SUS APLICACIONES

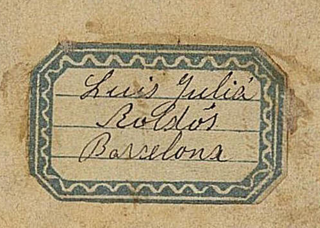
AL ALUMBRADO PÚBLICO Y PARTICULAR, Á LA MARINA,
Á LA GUERRA, Á LAS FÁBRICAS
Y TALLERES, Á LAS MINAS, Á LA FOTOGRAFÍA, AL TEATRO,
Á LAS CONFERENCIAS DE FÍSICA EXPERIMENTAL
Y Á LAS PROYECCIONES

OBRA PRÁCTICA Y POPULAR

POR

D. FRANCISCO DE P. ROJAS,

CATEDRÁTICO DE LA ESCUELA DE INGENIEROS INDUSTRIALES



ESCUELA DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE BARCELONA

BARCELONA.
BIBLIOTECA ILUSTRADA DE ESPASA HERMANOS, EDITORES.
CÓRTES, 223.



ES PROPIEDAD DE LOS EDITORES.

AL LECTOR

Poner al alcance de las personas no versadas en la Física, el modo actual de producir electricidad por medio de la fuerza motriz, iniciándolas en lo que se sabe acerca de esta misteriosa trasformacion; darles á comprender en sus detalles la mejor máquina que hasta hoy para esa conversion conocemos; describir las mejores lámparas eléctricas y los adelantos modernos, y finalmente, estudiar todas las aplicaciones que en estos últimos años se han hecho de la luz eléctrica, tal es el objeto del trabajo que sigue.

F. DE P. R.



FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

LA LUZ ELÉCTRICA

Y

SUS APLICACIONES

ALUMBRADO ELÉCTRICO

Entre todas las grandes y recientes aplicaciones de la Física, la que hoy más preocupa á muchos sabios, á no pocos ingenieros, á la prensa científica y al público todo, es la del alumbrado por medio de la electricidad.

La Física, ciencia de donde arrancan los descubrimientos modernos que con más energía impulsan el progreso material del mundo, nos acaba de llenar de asombro con la maravilla de las maravillas, el teléfono de Graham Bell, y con el fonógrafo de Edison, encanto y sorpresa á la vez de todos los sabios; y hoy pugna con todas sus fuerzas para resolver por completo, en teoría y en práctica, en el terreno científico y en el económico, en los grandes locales y en las plazas y calles de las poblaciones y hasta en el hogar doméstico, el importante problema del *alumbrado eléctrico*.

Y hay que confesar que en alguna de sus partes lo ha resuelto ya.



El ensayo que acaba de hacerse en Paris para iluminar eléctricamente algunas de sus calles, ha producido tan grata impresion en el público y ha revelado á los ojos de los más desconfiados físicos tal pujanza de medios y tal cúmulo de dificultades vencidas, que la resolucion del problema ha atraido la atencion de todos, y ha despertado el más vivo interés.

El asunto que vamos á abordar es nuevo, palpitante, poco conocido.

La prensa diaria ha dado sobre él noticias erróneas ó inexactas que han extraviado la opinion pública. Sobre él se cruzan hoy telégramas de un mundo á otro. De él dependen intereses materiales de grandísima importancia que pueden verse comprometidos en todo ó en parte, con razon ó sin ella, por el solo anuncio de una dificultad científica ó práctica vencida, ó de un ensayo feliz ó desgraciado.

Hé aquí porqué esta cuestion despierta hoy tan vivo interés, aparte del que siempre tiene de curiosidad científica; hé aquí porqué su estudio tiene hoy el carácter de oportunidad; hé aquí porqué la hemos elegido entre todas las de la ciencia.

A fin de que el presente tratado esté al alcance de todas las inteligencias, trataremos la cuestion del alumbrado eléctrico abarcándola en su totalidad, *exponiendo los principios fundamentales, explicando los fenómenos en su parte esencial; todo ello sin más aparato científico, ni más lujo de detalles que lo estrictamente necesario para dar á conocer la ciencia y popularizarla, haciendo sentir el atractivo de su encanto y dando la clave de sus sorprendentes aplicaciones.*



La resolucion del problema del alumbrado eléctrico en toda su extension exige:

PRIMERO.—*Un generador de electricidad.*

SEGUNDO.—*Hilos conductores* que trasporten el flujo eléctrico desde el generador á los sitios en que ha de ser utilizado como luz.

TERCERO.—*Los aparatos de alumbrado;* esto es, los aparatos en que el flujo eléctrico deja la forma visible que tiene miéntras corre por el conductor, para trasformarse en luz. Estos aparatos se han llamado, unos, lámparas ó reguladores eléctricos, y otros bujías eléctricas.

Hasta hace algunos años, para obtener una luz eléctrica de notable intensidad no se emplearon otros generadores de flúido eléctrico que las pilas, en las cuales se obtiene éste como un efecto directo de la accion química; mas la luz obtenida por este medio sale tan cara y tiene tantos inconvenientes la manipulacion de las pilas, y exige tantos cuidados, que á no haberse inventado otros generadores de electricidad, la aplicacion de la luz eléctrica hubiera quedado reducida á algunos casos muy especiales. La invencion de nuevos generadores de flúido eléctrico muy superiores á las pilas, bajo todos conceptos, para la produccion de luz, ha hecho posible el desarrollo que vá tomando el alumbrado eléctrico. Estos nuevos generadores, llamados *máquinas magneto-eléctricas*, entre las cuales figura en primer lugar la de *Gramme*, convierten en electricidad la fuerza mecánica ó trabajo mecánico ordinario, ya sea el muscular, ya el de una máquina de vapor, ya el de una rueda hidráulica ó el de un molino de viento.

Siguiendo el órden natural deberíamos empezar el estu-


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

dio del alumbrado eléctrico por el generador del flúido, seguir despues describiendo los conductores de éste, y

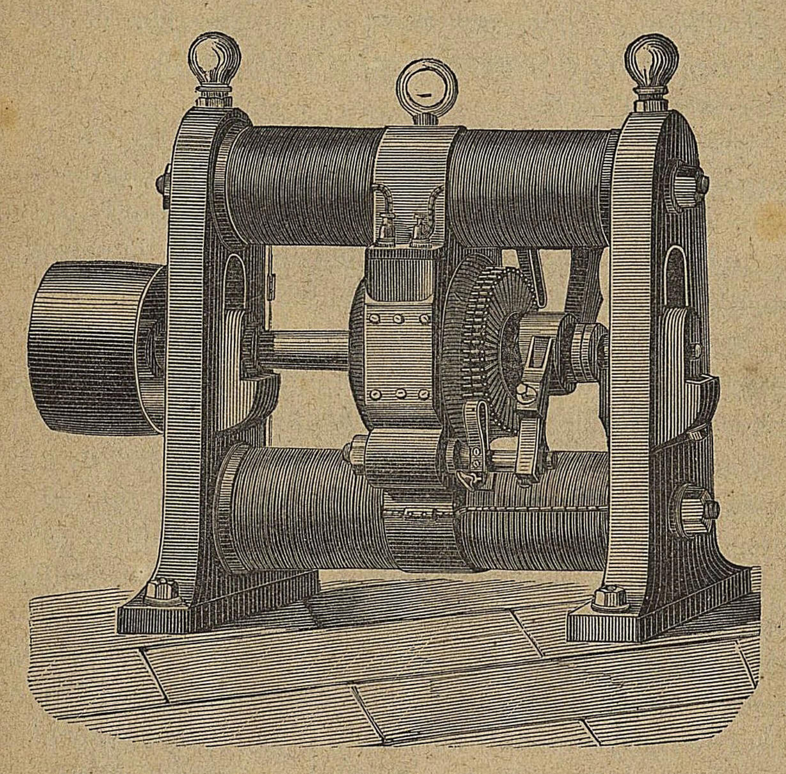


Fig. 1.—Generador Gramme.

acabar por los aparatos de alumbrado; mas en gracia del interés que despierta hoy el alumbrado público, y para no perder la ocasion de oportunidad, vamos á empezar por esta aplicacion, exponiendo el sistema que se ensaya hoy en Paris, llamado *sistema Jablochkoff*, dejando para despues el estudio del generador de Gramme, cuya perspectiva damos en la figura adjunta.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

TRASFORMACION DE LA ELECTRICIDAD EN LUZ.

Antes de entrar en materia debemos exponer algunos preliminares, para que sean claras é inteligibles nuestras ulteriores explicaciones.

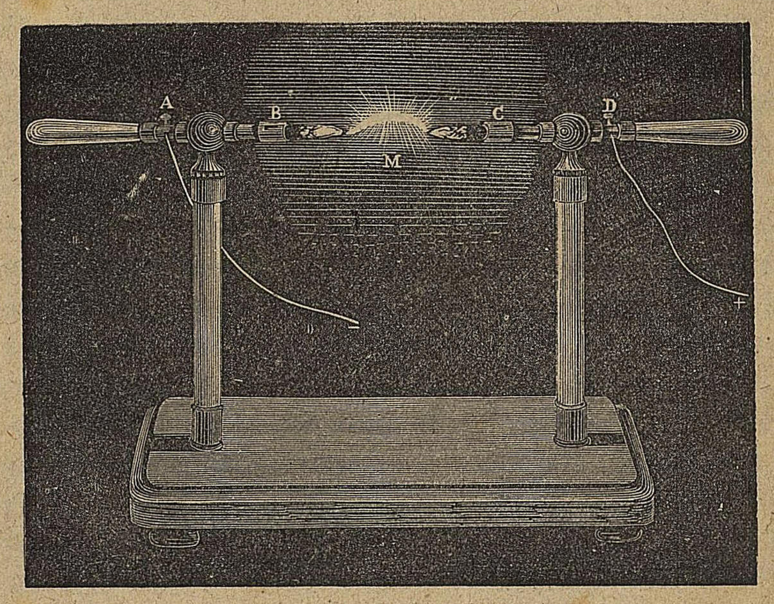


Fig. 2.—Luz eléctrica.

Todos los aparatos de alumbrado eléctrico que han tenido verdadero éxito, esto es, que han podido resistir una prolongada experiencia y aclimatarse en la práctica, consisten esencialmente en dos barritas delgadas de carbon denso y homogéneo, artificialmente preparadas.

FUNDACION JUANELO TURRIANO

Supongamos estas dos barritas talladas en punta en uno de sus extremos, y comunicando respectivamente con los dos polos del generador de electricidad, por el intermedio de dos conductores aislados, más ó ménos largos. Estos conductores son ordinariamente alambres de cobre recubiertos de una capa aisladora de *caoutchouc*. La barrita de carbon que comunica con el polo positivo del generador se llama *carbon positivo* y la otra *carbon negativo*.

Ahora bien; si cogemos (con tenazas ó mangos de vidrio, para poner nuestro cuerpo á cubierto de una descarga eléctrica) ambas barras de carbon, y hacemos que se toquen por sus puntas, tendremos lo que se llama *un circuito cerrado,* y si no se tocan, el *circuito* estará *abierto*. En el segundo caso, el flúido eléctrico, que *podemos suponer* que se acumula en el polo positivo del generador, no puede ir al polo negativo, por su incapacidad ordinaria para salvar el espacio aéreo que separa las puntas, aunque este espacio sólo sea de un milímetro; entónces no circula flúido por los conductores; entónces *no hay corriente*. En el primer caso, ó sea cuando se tocan las puntas de las barras de carbon, el flúido eléctrico puede ir desde el polo positivo del generador al negativo, siguiendo el camino que le traza el primer conductor, el carbon positivo, el negativo, el segundo conductor: entónces el flúido circulará por el circuito; entónces *hay corriente*. En cuanto hay corriente, si es suficientemente enérgica, veremos la luz eléctrica formarse entre las puntas de carbon, las cuales se ponen incandescentes.

Una vez obtenida esta incandescencia de las puntas,


FUNDACION JUANELO TURRIANO

podemos separar los carbones, uno, dos, cinco ó más milímetros, segun sea la energía de la corriente, sin que ésta cese de existir, y sin que la luz se extinga; de modo que el paso de la corriente de una punta á la otra, al través del aire, que no fué posible cuando las puntas estaban frias, lo es ahora. Este fenómeno se explica considerando que el sitio que separaba las puntas en el primer experimento, estaba ocupado por el aire frio, el cual *conduce* mal el flúido del generador; y ahora ese espacio está ocupado por una pequeña atmósfera compuesta de partículas carbonosas que el flúido arrastra consigo, de vapor de carbono y de aire á una elevadísima temperatura; y esta atmósfera es bastante conductora para permitir el paso al flúido: ella forma el puente por donde el flúido puede pasar de una á otra punta del carbon; pero este puente se lo ha de fabricar la corriente misma: de aquí la necesidad de empezar haciendo que se toquen las puntas.

Esta pequeña atmósfera brillantísima que existe entre las puntas del carbon, y que se ve en M (figura 2), es lo que se ha convenido en llamar *el arco voltáico;* arco por la forma arqueada que presenta, y voltáico en memoria del ilustre Volta, inventor de la primera pila eléctrica. El arco voltáico es lo que ordinariamente se llama luz eléctrica, aunque este nombre conviene tambien á otras.

El arco voltáico tiene un brillo ó intensidad luminosa que seria la mitad de la del sol, si el sol tuviera el mismo tamaño que el arco. La temperatura del arco es la más elevada que el hombre puede producir; en el arco funden y se volatilizan todos los metales y aun los cuerpos más refractarios. El brillo del arco se debe á las par-


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tículas carbonosas calentadas extraordinariamente. Fácilmente se comprende que si todas las sustancias puestas en el arco funden, se descomponen ó se volatilizan, las puntas de nuestros carbones que sirven de apoyo á las dos puntas del arco voltáico sufrirán análoga destruccion, á la cual se agregará su combustion si están en el aire. De aquí se deduce que los carbones se irán consumiendo y que la distancia entre las puntas se irá agrandando, y llegará á un límite tal, que la corriente no podrá salvarla, y cesará la circulacion del flúido y la luz se extinguirá. Para que esto no suceda, es preciso ir acercando los carbones uno á otro en la misma medida que se van consumiendo, de modo que la distancia de las puntas permanezca siempre la misma. Se han construido aparatos con un mecanismo tal, que la operacion de acercar los carbones se hace en ellos automáticamente.

De estos aparatos, que se llaman *reguladores eléctricos*, y tambien *lámparas eléctricas*, nos ocuparemos más adelante.

La experiencia ha enseñado que los dos carbones entre los cuales se forma el arco voltáico, no se consumen con igualdad. El *carbon positivo* se consume con doble rapidez que el *negativo*, y se calienta mucho más que éste. El arco voltáico puede obtenerse entre dos conductores cualesquiera, en vez de las dos barras de carbon; pero para la obtencion de luz, los carbones son, hasta el dia, la sustancia más conveniente.



SISTEMA DE ALUMBRADO DE JABLOCHKOFF

Mr. Jablochkoff ha resuelto el problema de mantener constante la longitud del *arco voltáico,* sin necesidad del mecanismo que los *reguladores* llevan para aproximar los carbones conforme se van gastando. Su aparato de alumbrado lleva el nombre de bujía eléctrica y tambien el de bujía Jablochkoff.

La figura 3 representa esta bujía colocada en un candelero de laboratorio. Consiste en dos barras de carbon *a* y *c* de cuatro milímetros de diámetro y veinte y dos centímetros de largo, colocadas paralelamente la una á la otra y separadas por una distancia de tres milímetros. Estas barras van ligadas en la parte inferior por una pasta dura *o o* mala conductora del flúido y que las hace solidarias, y en su parte superior se comunican por una agujita de carbon que llamaremos el *cebo.*

El espacio que queda entre ambas barras vá ocupado por una planchita delgada de kaolin ó de una pasta dura *r r* compuesta de yeso y sulfato de barita. Los dos piés metálicos del candelero no comunican entre sí; pero cada uno comunica eon el carbon, al cual sostiene. Uno de los piés del candelero comunica con el palo positivo del generador de electricidad, y el otro con el negativo, por medio de conductores aislados que pueden ser muy largos. Así el generador puede estar sin grave inconveniente, á 200 ó á 400 metros de la bujía.



En la figura 3 se ven los dos tornillos *t t* que sujetan

FIG. 3.—Bujía Jablochkoff.

los dos extremos de los conductores, y un trozo de cada uno de éstos.



Dispuestas así las cosas, en el momento en que el generador de electricidad funcione, la corriente del flúido que parte del polo positivo del generador llega por el conductor correspondiente á uno de los piés del candelero: sube por éste: pasa al carbon que se apoya por abajo en dicho pié: sube por este carbon: llega á lo alto y pasa por el *cebo* al otro carbon: desciende por éste: sigue por el pié del candelero, y por el conductor que vá unido á este pié llega al polo negativo del generador. El circuito está cerrado; y apénas empieza á circular la corriente se enrojece el cebo y se consume en seguida y desaparece, pero deja ya establecido el arco voltáico entre los extremos superiores de los carbones *a* y *c*. El arco calienta fuertemente y funde la parte de la planchita de kaolin *r r* que está próxima á él; el kaolin en este estado, conduce medianamente el flúido, esto es, deja de ser completamente aislador, como lo es en frio. Parece que esta conductibilidad de la parte fundida asegura la estabilidad del arco voltáico, le da gran fijeza, y constituye, como más adelante veremos, una condicion ventajosa para conseguir entre ciertos límites la divisibilidad de la luz que una corriente eléctrica puede dar.

Conforme van gastándose las barras de carbon, vá descendiendo el arco voltáico ó sea el foco luminoso, el cual no deja nunca los extremos superiores de los carbones, y vá fundiéndose y evaporizándose, esto es, consumiéndose, la planchita *r r;* del mismo modo que en una bujía esteárica ordinaria, van consumiéndose á la par la estearina y la mecha, y vá descendiendo la llama.

Ahora debemos llamar la atencion de nuestros lectores, sobre una dificultad que se deduce de lo que dejamos


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

expuesto en los preliminares. Hemos dicho que el *carbon positivo* se gasta ó consume con doble rapidez que el *negativo;* y por lo tanto debe suceder en la bujía Jablochkoff, que la distancia entre los extremos superiores de las barras, ó sea la longitud del arco voltáico, debe ir creciendo á medida que se vá gastando la bujía, y que finalmente ésta debe apagarse por exceso de longitud del arco. Así lo acredita en efecto la experiencia, y con esta dificultad tropezó el inventor; pero la salvó empleando *un generador de corrientes alternativas*, ó lo que es lo mismo, un generador cuyos polos se truecan centenares ó miles de veces en un minuto; y claro es que si en cada minuto cada carbon es mil veces positivo y mil negativo, los dos se consumirán con perfecta igualdad: en realidad, no habrá entónces carbon positivo ni carbon negativo.

La bujía Jablochkoff que acabamos de describir dura hora y media y cuesta hoy en Paris de 60 á 75 céntimos de franco; mas su precio irá descendiendo si su uso se generaliza.

Los faroles empleados por Jablochkoff en las calles y plazas de Paris y cuyo dibujo, mitad en elevacion, mitad en corte, damos en la figura 4, se componen de un gran globo de vidrio opalino adornado superiormente por una galería. Dentro de este globo, que tiene cuarenta centímetros de diámetro, van colocados cuatro candeleros con sus correspondientes bujías. Ántes de consumirse la bujía que está en actividad, cesa la corriente de pasar por ella, y empieza á circular por la inmediata. Esta operacion se ha hecho á mano por medio de un *conmutador* que vá al pié del candelabro que sostiene el globo. Verdad es que



Fig. 4.—Farol Jablochkoff.



se ha tratado de que esta operacion se haga automáticamente y que ya se han construido aparatos que resuelven la dificultad; mas todavía no han recibido la sancion de la experiencia. El globo de vidrio aparece como una masa brillante, cuya intensidad no lastima la vista.

Para completar la descripcion general que estamos haciendo, sólo nos faltan algunas indicaciones acerca de los generadores empleados y de los conductores que llevan el flúido desde los generadores á las bujías.

Cada generador se compone de dos máquinas Gramme, movidas por una máquina de vapor de veinte caballos. La primera máquina es de corriente contínua y se llama *excitadora:* la segunda es de corrientes alternativas y se llama *distribuidora:* la primera engendra flúido que sirve para excitar la segunda: el flúido que ésta produce es el que alimenta 16 bujías Jablochkoff, que, segun Niaudet, tiene una intensidad cada una de cien lámparas Carcel, ó lo que es lo mismo, de cien mecheros de gas del alumbrado público de Barcelona. El globo de vidrio parece que absorbe una tercera parte de la luz producida. La máquina distribuidora envia á las bujías 4800 corrientes alternativas en un minuto, y ella da 600 vueltas en el mismo tiempo. De cada máquina distribuidora parten cuatro conductores que alimentan cada uno cuatro bujías, y que vuelven despues al generador.

Nuestros lectores se contentarán con estas indicaciones generales acerca de los generadores Gramme, interin llega el momento de tratar muy detenidamente de estas interesantísimas máquinas.

Los conductores son hilos de cobre aislados; mas para no tener que colocar tantos hilos como circuitos distintos



hay, se forma con ellos un cable despues de haberlos aislado separadamente, por medio de la gutta-percha que los envuelve: el cable así formado se recubre de cautchuc y éste es á su vez envuelto en una vaina de tela impermeable. De este modo el flúido que circula por uno de los hilos de cobre, no puede pasarse al inmediato porque lo impide la gutta-percha, materia aisladora. Para preservar este cable de las influencias exteriores vá metido en una tubería de tierra cocida cuyos trozos se unen con un cemento. De este modo se los puede enterrar en el suelo.

Vamos á abordar ahora la cuestion económica del alumbrado eléctrico.

La sociedad que se ha formado en Paris para la explotacion de la luz eléctrica y que lleva por título *Sociedad general de electricidad,* hace el siguiente cálculo comparativo entre el alumbrado público por el sistema Jablochkoff y el de gas, tomando como término de comparacion un alumbrado de 16 bujías eléctricas durante una hora:

1.º—Una bujía cuesta 0,75 pesetas y dura hora y media. El gasto para las 16 bujías por hora es de.	8	pesetas.
2.º—Para las 16 bujías se necesita una máquina de vapor de 18 caballos. Cada caballo consume por hora 2,5 kilógramos de hulla á 35 pesetas la tonelada de 1000 kilos. El gasto de combustible para los 18 caballos será por hora de.	1,57	»
3.º—Aceite y algodon ó trapos.	0,25	»
4.º—Salario del maquinista, por hora. . . .	0,60	»
Total gastado por hora. . . .	10,42	pesetas.



De modo que el alumbrado por las 16 bujías cuesta por hora 10,42 pesetas. ¿Qué cantidad de luz suponen las 16 bujías? Aquí está el punto más difícil de la comparacion, y se comprende que sin tener este dato toda comparacion es imposible. Las medidas fotométricas son difíciles de tomar, y así se explica la extraordinaria discordancia de los que las han hecho.

Para poder formar un juicio acertado, bueno será presentar aquí los resultados obtenidos por dos experimentadores.

La Sociedad general de electricidad asegura que la bujía Jablochkoff, á que se refiere el anterior cuadro, tiene una intensidad igual á la de 100 lámparas Carcel, ó sea á la de 100 mecheros del alumbrado público de Paris; de donde resulta que las 16 bujías eléctricas darán la misma cantidad de luz que 1600 mecheros-tipos.

Veamos lo que cuestan por hora 1600 mecheros-tipos de gas. Éstos consumen cada uno 140 litros de gas por hora, lo que supone entre todos un consumo de 224 metros de gas. Contando este flúido no á 15 céntimos de peseta el metro, que es como lo paga el ayuntamiento de Paris, sino á 30 céntimos, que es el precio del metro para los particulares, deduciremos que los 1600 mecheros-tipos de gas nos costarán por hora 67 pesetas.

Comparando el número 10,42, precio del alumbrado eléctrico, con el 67, precio del alumbrado igual por el gas, deduce la Sociedad general de electricidad, que el alumbrado Jablochkoff es seis veces más barato que el alumbrado por gas.

M. T. Lévy, ingeniero del municipio de Paris, solamente estima en 30 mecheros-tipos la luz de la bujía



Jablochkoff, y si aceptamos su medida resultaria que el alumbrado eléctrico por ella sale solamente á mitad del precio que el de gas.

Teniendo ahora en cuenta que el globo de vidrio opalino con que se recubren las bujías eléctricas para que no lastimen la vista, absorbe un tercio de la luz, y que los rayos que caen oblícuamente sobre el suelo tienen ménos intensidad que los horizontales á que se refieren las medidas fotométricas, creemos ponernos en lo justo diciendo: *Que el alumbrado público eléctrico por el sistema Jablochkoff, cuesta, hoy por hoy, lo mismo poco más ó ménos que el alumbrado por gas ardiendo en los actuales mecheros públicos, al precio que hoy lo pagan los consumidores particulares.*

Si echamos una ojeada al cuadro del presupuesto de gastos que presenta la Sociedad general de electricidad, veremos que el renglon más subido, es el gasto de bujías, ó sea el de las barritas de carbon; que éstas se cuentan á 0,75 pesetas cada una, lo cual es demasiado contar. Si arraiga el sistema, la bujía no podrá costar más de media peseta, y en este caso seria el alumbrado Jablochkoff más barato que el del gas.

Todo cuanto acabamos de decir sobre la cuestion económica del alumbrado eléctrico Jablochkoff en comparacion con el del gas, no es aplicable al alumbrado eléctrico por medio de reguladores. Parece indudable que á igualdad de fuerza motriz gastada, la luz eléctrica obtenida en el regulador, tiene más intensidad que la de la bujía eléctrica; y por otra parte, cuestan mucho ménos las barritas de carbon empleadas en el regulador, que la bujía. Estas ventajas de la luz eléctrica de regulador, no

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

se han podido utilizar en las calles y plazas de Paris, porque el sistema no se presta á semejante instalacion; pero se han utilizado en los grandes locales de fábricas y talleres, obteniendo economía y aumento de luz.

Segun los experimentos y cálculos de M. Fontaine, el alumbrado de estos locales con las máquinas Gramme y reguladores, cuesta *once veces ménos que el alumbrado por gas, contando este flúido á* 30 *céntimos de peseta el metro.*

Nosotros no garantizamos este resultado; pero aun cuando hubiera que rebajar de ese aserto, no es posible dudar de la economía de la luz eléctrica en fábricas y talleres donde hay establecida fuerza motriz de vapor ó de agua.

Si consideramos que la fabricacion del gas ha llegado al parecer á su apogeo hace años, que no se vislumbra en ella medio alguno de progresar, aun cuando algo pueda adelantarse en la manera de quemar ese flúido, y que al contrario, el alumbrado por la electricidad está dando ahora sus primeros vagidos, comprenderemos que tienen sobrado fundamento las empresas de gas para preocuparse con ese recien nacido que la Sociedad de electricidad ha soltado tal vez prematuramente por las calles de Paris, y que todavía con chichonera empieza á hacer pinitos y á manifestar pujos de competencia. Ya comprenden, aunque no lo digan, que no es en modo alguno despreciable el enemigo que acaba de presentarse en la palestra, y que ostenta hoy su gallardía en más de trescientos puntos de Paris.

Y no sin razon pueden preocuparse. Todos los que somos viejos hemos visto cómo el gas fué primero desterrando el aceite de las principales calles y plazas, y de



las tiendas y establecimientos de lujo: despues de los grandes salones y comedores: despues de las callejuelas y escaleras, dejándolo finalmente reducido á brillar tímidamente en las medianas y humildes moradas y en las pequeñas poblaciones y aldeas. ¿Sufrirá el gas la misma derrota por parte de su naciente rival?

¡Quién sabe! No se ve fácil, por ahora, una derrota tan completa; pero es de temer que sienta algunas humillaciones, precisamente en los sitios en que con más orgullo se ostenta hoy.

Fijemos ahora nuestra atencion sobre las dificultades ó inconvenientes con que lucha el alumbrado eléctrico, y sobre sus ventajas, comparado con el de gas.

Las ventajas que presenta la luz eléctrica sobre la del gas, son las siguientes:

1.ª Como la luz eléctrica es la que más se aproxima en su composicion á la del sol, resulta que los colores no pierden con ella los matices que presentan á la luz del dia, lo cual no sucede con la luz del gas.

2.ª La luz eléctrica no ataca las pinturas y tapicerías como la del gas, sobre todo cuando hay fugas de este flúido.

3.ª Vicía mucho ménos que el gas la atmósfera de los locales: casi puede decirse que la luz eléctrica no impurifica la atmósfera.

4.ª Produce mucho ménos calor que el gas, á igualdad de luz.

5.ª No puede producir explosiones.

6.ª Es ménos expuesta que el gas á ocasionar incendios.

Los inconvenientes que presenta la luz eléctrica para el alumbrado público son dos.



Es el primero la falta de seguridad en la continuidad del alumbrado, ó sea la posibilidad de que algunas luces se apaguen por sí mismas cuando ménos se espere. Esta extincion fortuita puede reconocer varias causas.

1.ª Una descomposicion, perturbacion ó rotura, esto es, un accidente cualquiera en la máquina motriz.

2.ª Un accidente en el generador de electricidad.

3.ª Un descuido ó falta de la persona encargada de maniobrar en el momento oportuno sobre el conmutador de cada farol eléctrico, para operar el cambio de la corriente eléctrica á otra bujía, si esta operacion se hace á mano, ó un accidente del mecanismo que debe operar dicho cambio, si la operacion se hace automáticamente.

En la avenida de la Ópera, en Paris, hay establecidas 62 luces ó bujías eléctricas, y se han observado 62 extinciones en un espacio de cerca de cinco meses. Dichas extinciones no han tenido lugar sobre todas las bujías á la vez, lo cual es natural, porque ni todas dependen de la misma máquina ni están en el mismo circuito; sino que han sobrevenido unas veces á cuatro bujías, otras á ocho y alguna vez á diez y seis.

El segundo inconveniente de la luz eléctrica para el alumbrado público, inconveniente que le impedirá penetrar en la economía doméstica, consiste en no haberse podido resolver por completo el problema que se ha llamado de LA DIVISIBILIDAD DE LA LUZ ELÉCTRICA. Este problema tiene dos partes.

1.ª Dividir una luz eléctrica cuya intensidad es, por ejemplo, de 30 mecheros ó lámparas Carcel en 30 luces pequeñas distintas y separadas, cuyas intensidades sean poco más ó ménos de una lámpara Carcel cada una. Esta


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

parte está sin resolver, aunque debemos confesar que M. Jablochkoff ha logrado dividir una luz eléctrica de 400 Carcel en cuatro luces de 70 Carcel aproximadamente cada una.

2.ª Conseguir que de aquellas 30 luces pequeñas distintas y separadas, se puedan apagar las que se quieran sin que por este hecho sufran variacion sensible las que queden ardiendo; en una palabra, hacer tan independientes entre sí las luces eléctricas que tomen el flúido de un conductor, como lo son las de gas que se alimentan de un solo ramal de entrada.

El problema de la divisibilidad de la luz eléctrica se persigue hoy con verdadero frenesí: no ya el deseo de saber, sino el interés de la riqueza que colmaria seguramente al que lo resolviese, es el aguijon que punza á los inventores. La divisibilidad de la luz eléctrica es hoy la piedra filosofal. Ella es la espada de Damócles que pende sobre los accionistas de gas, porque si se resuelve el problema, corre el gas inminente peligro de sufrir una derrota tan completa como la que él hizo sufrir al aceite.

Resuelto el primero de los dos inconvenientes que hemos estudiado arriba, la luz eléctrica lucharia con el gas en el terreno del alumbrado de las vías públicas, y entónces las ventajas estarian de su parte: es casi seguro que la victoria seria suya con el tiempo, obligando al gas á refugiarse en las casas, tiendas y establecimientos modestos. Resuelto el segundo, seria el gas vencido en esta última trinchera sin que le quedase el recurso de retirarse á las aldeas, porque ni su impedimenta le permitiria el viaje, ni su padre el carbon de piedra querria acompañarlo.



Por esto no es de extrañar que en Europa se agiten en tan gran número los inventores. Y no es solamente en el Viejo Mundo donde se agitan persiguiendo la piedra filosofal del dia, sino que la misma fiebre del descubrimiento se ha apoderado de los físicos é ingenieros del Nuevo Mundo. Y en este movimiento tumultuoso, en este hervidero contínuo de ideas, de esperanzas y de experimentos, no podia ménos de sonar el nombre de Edison, á quien muchos consideran como el Hércules de la inventiva, y á quien no pocos quisieran convertir en el Mercurio de sus intereses.

Pasmosa es, en efecto, la actividad de ese hombre: sorprendente la perspicacia con que alguna vez ha descubierto el lado de un fenómeno no reparado por los sabios: extraordinaria su intuicion de lo útil que le hace dueño de un detalle despreciable para el hombre de ciencia, y para él esencial: grandísimo su ingenio mecánico, sobre todo en lo que se refiere á movimientos delicados, que ha sido hasta ahora su terreno propio y campo de sus proezas. Agréguese á estas eminentes, positivas y valiosas facultades, el que la fama, al sonar la trompeta para él ha inflado los carrillos con más fuerza que para otros afortunados inventores contemporáneos: añádase aun que el nombre de Edison se ha pegado fácilmente al oido del vulgo que se complace en colgar del altar de la gloria de este americano milagros de inventiva que corresponden á otros santos de la ciencia, y no nos causará extrañeza el saber que se le ofreció cuanto capital necesitase para fundirlo en el crisol de su experimentacion y obtener despues el boton aurífero de la piedra filosofal. ¿Lo sacará? «Lo ha sacado,» leemos hoy 30 de



enero de 1879, en varios periódicos. «Edison ha resuelto el problema de la divisibilidad de la luz eléctrica,» dice uno. «Edison ha obtenido ya el privilegio de su invencion en todas las naciones del mundo,» dice otro. «Edison ha nombrado ya sus representantes en Europa,» leo

FIG. 5.—Nueva máquina de Gramme, de corrientes alternativas.

en aquel. «Edison ha dado órden para tratar con los ayuntamientos de las grandes poblaciones la sustitucion del gas por la electricidad,» leo en este. Y sin embargo nadie sabe nada; y esta general ignorancia que tanto se



prolonga, y ese gran secreto que tanto se calla, da pié á que algun escéptico interrumpa ese coro de noticias, preguntando: «pero ¿Edison existe?» Quién asegura que el invento estriba en poner incandescente por medio de la corriente eléctrica una pasta compuesta de platino en polvo muy fino amasado con alúmina; quién dice que en vez del platino es el iridio; quién que todo ello consiste en una cosa tan sencilla y tan conocida, que cuando se sepa causará asombro el que no se haya dado ántes en el *quid*. La verdad del caso es que no sabemos nada de positivo, y que, una de dos, ó estamos siendo víctima de una mistificacion bicontinental, á la que es ajeno Edison, mas no otros interesados, ó tendremos que ceñir la frente de este hombre ya ilustre con el laurel de la más espléndida victoria, y concederle todos los honores del triunfo, que jamás emperador romano fué más digno de merecerlo; porque la resolucion del problema, en sus dos partes, seria la obra de un verdadero genio científico industrial. Mucho sentimos confesarlo, pero tenemos por más probable la primera parte de la disyuntiva. Lo más que estamos dispuestos á conceder, es que tal vez Edison ha dado algun paso en el camino del problema. Este paso ha originado todo ese movimiento de noticias exajeradas, de temores, de esperanzas, y lo que es peor, de jugadas de bolsa sobre las acciones de las empresas de gas.

TORNEO ENTRE LA LUZ ELÉCTRICA Y EL GAS.

Tal nombre puede darse al gran ensayo comparativo que vá á hacerse en Paris entre el sistema eléctrico


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Jablochkoff y el alumbrado por gas. Este viejo campeon se apercibe á la lucha con nuevas armas. La compañía del gas de Paris ha manifestado al Municipio que no teme la comparacion; que no rehuye el combate, sino que lo desea; pero quiere entrar en él con todos sus medios y sus ventajas, esto es, empleando aparatos de gas perfeccionados, que darán más luz que los antiguos faroles, á igualdad de flúido consumido. El ensayo tendrá lugar á la vez en las calles, en las plazas y en grandes locales cerrados, y durará un año. Hé aquí el *proyecto de programa* que el Municipio ha aprobado.

El alumbrado eléctrico por el sistema Jablochkoff se establecerá:

1.° En la plaza y avenida *de l'Opera,* y plaza *du Théatre-Français.*

2.° En la plaza *de la Bastille.*

3.° En un pabellon *des Halles centrales.*

El alumbrado por gas perfeccionado se establecerá:

1.° En la calle *du Quatre-Septembre.*

2.° En la plaza *du Chateau-d'Eau.*

3.° En un pabellon *des Halles centrales.*

El Ayuntamiento abonará á la Sociedad general de electricidad por cada bujía Jablochkoff á razon de treinta céntimos de peseta por hora en vez de los sesenta céntimos que pide la Sociedad.

Con respecto al número de luces eléctricas á que se refiere este ensayo comparativo, habrá 62 en el primer sitio señalado, ó sea en la avenida de la Opera y plazas adyacentes; 15 en el segundo y 6 en el tercero; total 83 luces eléctricas.

A estas 83 bujías eléctricas la Compañía del gas opon-



drá: en el primer sitio señalado para su campo, que es la calle del Cuatro Setiembre, 120 mecheros de gas, que consumirán cada uno 175 litros por hora; en el segundo sitio, 384 mecheros de los cuales 152 serán de un consumo de 175 litros, y 232 serán de 200 litros; en el tercer sitio, 160 mecheros de 175 litros: total 664 mecheros grandes de gas.

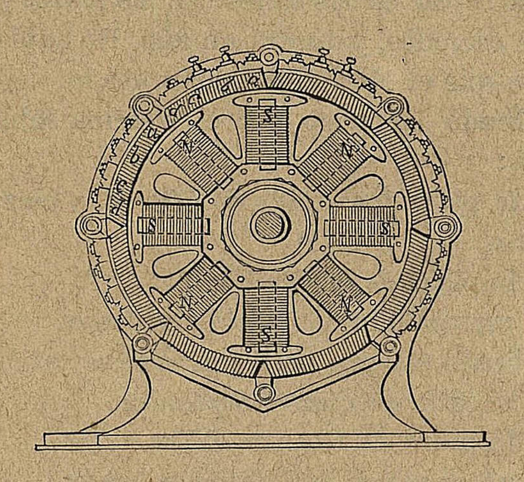


Fig. 6.—Corte vertical de la máquina anterior.

Tal es hoy el estado en que se encuentra la gran cuestion del alumbrado eléctrico. El porvenir de la luz eléctrica parece lleno de halagüeñas promesas. Por lo demás, preciso es convenir en que el espíritu del siglo, encarnado en el tanto por ciento, no permite madurar los trabajos é invenciones de los físicos en la soledad y quietud del gabinete ó del laboratorio, y que casi en agraz se entregan al consumo. De esto sin duda alguna adole-


FUNDACION JUANELO TURRIANO

cen los ensayos hechos en Paris en las vías públicas, y de esto se resentirán todavía los del anunciado torneo.

Ántes, estudiaban los sabios apaciblemente en sus gabinetes, siguiendo el camino á que su natural vocacion les inclinaba, aislados, y casi desprovistos de cuanto para la experimentacion necesitaban: raras veces venia á impulsarles ó á animarles algun auxilio moral ó material de fuera, y no pocas venian del exterior obstáculos á sus trabajos: apénas recibian otro galardon que la satisfaccion propia por sus descubrimientos: caian éstos sobre la humanidad como la semilla sobre tierra seca: no habia entónces esa inmensa falange científica de hombres de la aplicacion que se llaman ingenieros, que miran siempre la ciencia por el lado práctico, y que son para el fecundo grano creado por el sabio, la lluvia que lo hace germinar y producir los frutos de que la humanidad se alimenta. Buena y útil es esta moderna division del trabajo, y provechosísimo para todos el que los poderes públicos, las sociedades, y el interés particular, ayuden, premien y estimulen á los obreros de la ciencia. Algo se ha ganado en este sentido, y algo hay que agradecer por ello á nuestra época. Pero hecha esta justa confesion, confesemos tambien que el espíritu del siglo ha traido algo que no es tan bueno. Hoy no se dice al sabio: *Pide cuanto necesites y estudia lo que quieras, que en la ciencia no hay nunca semilla inútil*, ni se dice al ingeniero: *mira el trabajo del sabio y ve en qué puedes utilizarlo.* Hoy parece que se dice á todos: *Orden del dia de la humanidad.—La humanidad ha visto la luz eléctrica y ha decidido alumbrarse con ella pagándola á ménos precio que el gas. El primero que llegue á resolver el problema, tendrá más representantes*

en el mundo que todos los soberanos: el que llegue una hora despues, llegará tarde. El cultivo de la ciencia no se hace hoy por muchos en campo tranquilo y sosegado, tirando del arado el perezoso buey, sino cual en hipódromo y á la carrera, y con la espuela del interés, y entre los hurras de la prensa, los privilegios de invencion, los telégramas mentidos ó verdaderos, y las emociones de la Bolsa. Se impone al sabio el camino por donde ha de dirigir su actividad y se le da el tema á su inteligencia, y se le pide la resolucion barata y rápida, y si le acomete el cansancio ó se deja llevar del desaliento, se le dice como á otro judío errante: *anda, no te pares, porque se te puede adelantar otro.* Por esto se ha lanzado la electricidad prematuramente por las calles de Paris, cuando todavía no debia salir de los talleres, de las fábricas y de los grandes locales cerrados. El querer aplicar un descubrimiento ántes de que llegue á su desarrollo, no es allanarle el camino, ántes bien se le dificulta con un inmerecido descrédito.

BUJÍA JAMIN.

Demos ahora cuenta á nuestros lectores de una nueva bujía eléctrica inventada por M. Jamin y recientemente presentada por éste á la Academia de ciencias de Paris. Desde luego calificamos de felicísima esta invencion, que está llamada á sustituir á la bujía Jablochkoff y á todos los reguladores y lámparas eléctricas donde no sea necesario que el foco luminoso ocupe siempre el mismo lugar del espacio.


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

La figura 7 representa, en principio, la nueva bujía. Los carbones *c* y *d* están colocados paralelamente en los porta-carbones metálicos *a a* y *b b*. Los hilos conductores del flúido eléctrico, que van recubiertos de guta-percha,

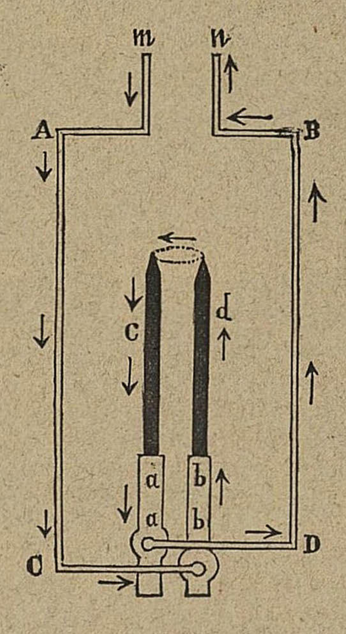


FIG. 7.

forman una especie de lira A B C D alrededor de los carbones. La corriente eléctrica llega á la lira por *m*, por ejemplo; desciende por el lado izquierdo de la lira, como las flechas indican: pasa al porta-carbon *b b*: de aquí pasa al carbon *d*: sube hasta la punta superior de éste: pasa de esta punta á la del otro carbon *c* atravesando el pequeño espacio de aire que separa los carbones, y produciendo entre esas puntas el *arco voltáico*: des-


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

ciende por el carbon *c:* pasa al porta-carbon *a a* y allí coge nuevamente el hilo conductor que con este porta-

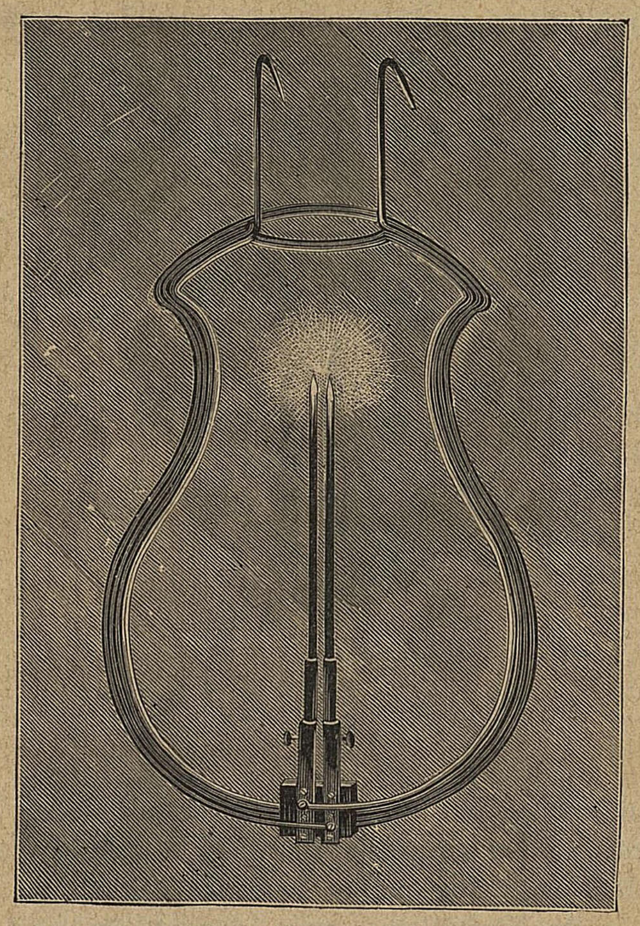


Fig. 8.—Bujía Jamin.

carbon comunica: sube por el hilo derecho de la lira y sale de ésta por *n*.

El hilo conductor forma alrededor de los carbones un

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

circuito casi cerrado A B C D al que hemos llamado lira porque podria afectar esta forma en la práctica en vez de la del rectángulo A B C D que le hemos dado : tambien podria afectar una forma elíptica como la de la figura 8.

El *arco voltáico* puede considerarse como una *corriente eléctrica* móvil, *horizontal* y *aérea*, que vá desde la punta del carbon *d* á la punta del carbon *c*, y que marcha de derecha á izquierda. El rectángulo A B C D se compone de cuatro corrientes fijas: la primera es la corriente A B horizontal, que marcha de derecha á izquierda, y que atrae al *arco voltáico*: la segunda es la corriente C D, horizontal, que marcha de izquierda á derecha, y que repele al arco voltáico. Ambas corrientes concurren á impulsar hácia arriba al arco voltáico. La tercera corriente vertical descendente A C, y la cuarta vertical ascendente B D, concurren á producir sobre el arco el mismo efecto de impulsarlo hácia arriba. De aquí resulta que el arco voltáico ó luz eléctrica se encuentra siempre entre las puntas de los carbones y que vá descendiendo á medida que éstos se consumen. Las barritas de carbon tienen ordinariamente cuatro ó cinco milímetros de diámetro y se gastan á razon de 15 centímetros por hora, poco más ó ménos.

Hemos supuesto en todo lo que precede, que la corriente eléctrica entraba en la lira por el extremo *m* y salia de ella por *n*; pero aun cuando sucediese lo contrario, el efecto del rectángulo A B C D sobre el arco voltáico seria siempre el retenerlo sobre las puntas de los carbones, exactamente lo mismo que en el caso anterior.

Tambien se podria invertir la lira, sin dejar de obte-



ner idéntico resultado que en los casos anteriores. Invirtiendo la lira tendríamos las puntas de los carbones hácia abajo, y por lo tanto mayor luz en el suelo, porque no se proyectarian sobre éste las sombras de los porta-carbones. Podria asimismo darse á la lira cualquiera otra posicion que conviniese, y aun llevarla á la mano de un sitio á otro, siempre que lo permitiese el largo de los hilos conductores.

Si la fuerza con la cual el rectángulo sencillo A B C D impulsa al arco voltáico hácia las puntas no fuese bastante grande, y se notase cierta vacilacion, podria darse al hilo A B C D dos ó tres ó más vueltas alrededor de los carbones. Entónces la lira obraria sobre el arco con una fuerza doble ó triple ó más que en el caso del rectángulo sencillo. No conviene, sin embargo, exagerar la fuerza con la cual el circuito-lira impulsa al arco voltáico hácia las puntas de los carbones, porque si esta fuerza fuese demasiado grande se escaparia el arco y la corriente quedaria interrumpida y apagada la luz.

Para encender esta bujía, esto es, para hacer que brote entre los carbones el arco eléctrico, despues de establecidas las comunicaciones de la lira con los polos de la máquina generadora de la corriente eléctrica, se toca á la vez ambos carbones y transversalmente con una larga y delgada barrita de carbon que se puede tener en la mano por un extremo distante. La barrita se pone incandescente entre los dos carbones, y el arco eléctrico se forma, y la accion de la lira lo lleva al instante á las puntas.

La bujía Jamin ha funcionado hasta ahora con los generadores de electricidad que dan corrientes alternati-



vamente contrarias, y que por esto se llaman *generadores de corrientes alternativas*. Con estas corrientes cada carbon es alternativamente positivo y negativo; y son las que vimos que convenian á la bujía Jablochkoff, para que los carbones se consumiesen con perfecta igualdad, circunstancia sin la cual la bujía mencionada no podria funcionar. Parece natural creer que lo mismo debe suceder á la bujía Jamin, y que á pesar de lo que asegura M. Niaudet en un reciente artículo que ha publicado sobre el nuevo descubrimiento, las corrientes contínuas en un mismo sentido no pueden convenir á la bujía Jamin porque no se consumirian con igualdad los carbones.

Esta es nuestra opinion, que rectificaremos si hay lugar á ello tan pronto como veamos los experimentos que se han de hacer con la nueva bujía en el taller del conocido óptico barcelonés, D. Tomás Dalmau.

Por lo demás, y aun cuando no pueda funcionar bien más que con las corrientes alternativas, siempre constituirá la nueva bujía una felicísima invencion que resuelve el problema de la bujía eléctrica del modo más simple posible, y con un aparato de poquísimo coste y exento de todo mecanismo.



MÁQUINAS MAGNETO-ELÉCTRICAS

Un ilustre físico inglés, Faraday, hizo en el año de 1830 el fecundo descubrimiento científico que ha sido el punto de partida de todas las máquinas que se conocen con el nombre de *máquinas magneto-eléctricas,* destinadas á convertir la fuerza ordinaria en electricidad. Este descubrimiento constituyó una prueba más de la identidad de esencia de todas las fuerzas de la naturaleza, que es el principio más grande de la Física moderna y el más alto título de gloria que en la historia de las ciencias pueda ostentar nuestro siglo. Él pone de manifiesto que en la esencia son una misma cosa la fuerza muscular de los animales, la fuerza vegetativa, la fuerza del vapor, la accion química, y finalmente la de una corriente eléctrica y la del mismo rayo.

El descubrimiento inmortal de Faraday consiste en lo siguiente:

1.° Si arrollamos un hilo ó alambre de cobre recubierto de seda sobre un carrete de madera ó de carton, como representa la figura 9, y ponemos los dos extremos de ese hilo en las manos de una persona ó en comunicacion con un reómetro, y aproximamos con rápido movimiento á dicho carrete uno de los polos de un fuerte iman, notaremos que la persona que con sus manos cierra el circuito sentirá una conmocion ó sacudida nerviosa debida al paso, por su cuerpo, de una corriente eléctrica



que solamente durará el tiempo durante el cual el iman se movió. En el caso en que es el reómetro el que cierra el circuito, este instrumento nos hará visible el paso de aquella corriente eléctrica y su direccion por la desviacion de la aguja imantada del reómetro.

2.° Si por un rápido movimiento retiramos el iman que suponemos muy cerca ó tocando al carrete, la persona que tiene en sus manos los cabos desnudos del hilo del carrete, sentirá una segunda conmocion; y si sustituimos la persona por el reómetro, este instrumento nos acusará el paso de una segunda corriente eléctrica cuya duracion es la del tiempo que tarda el iman en separarse del carrete.

Para que estas dos corrientes tengan más intensidad conviene que el iman se aproxime todo lo posible al hilo del carrete, y para esto debe hacerse hueco éste á fin de que el iman pueda llegar hasta introducirse dentro de él.

Nótase al hacer estos dos sorprendentes experimentos, que la corriente eléctrica producida durante el movimiento de aproximacion del iman, desvia la aguja del reómetro en sentido contrario que lo hace la corriente eléctrica producida durante el movimiento de separacion; lo cual prueba que ambas corrientes circulan en opuesto sentido. Estas corrientes inducidas son más enérgicas, más intensas, cuando dentro del carrete se coloca un cilindro de hierro dulce; porque entónces este cilindro se imanta durante el movimiento de aproximacion del iman y se desimanta durante el movimiento opuesto, lo cual produce el mismo efecto que si operásemos con un iman inductor de una potencia magnética



mucho mayor que la que realmente tiene. Las corrientes eléctricas cuya produccion acabamos de exponer, han recibido de los físicos el nombre de *corrientes inducidas* ó *corrientes de induccion*. El iman que las produce se llama *iman inductor*. La primera corriente se llama *inducida*

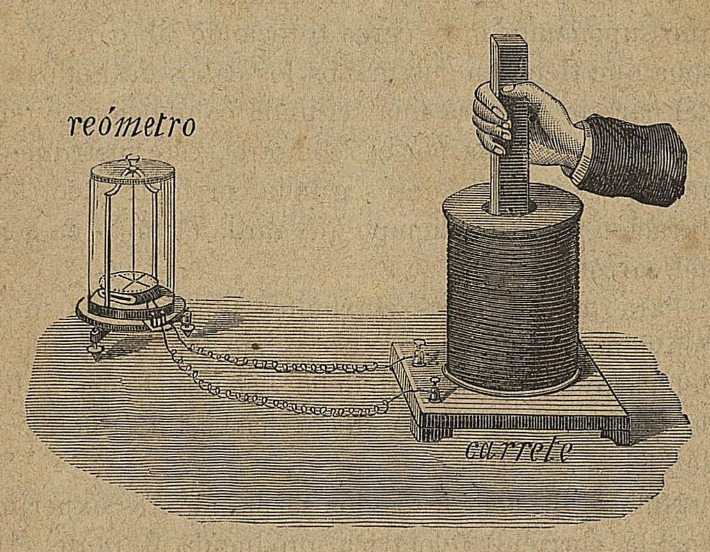


Fig. 9.

inversa ó simplemente *inversa*, y la segunda *inducida directa* ó simplemente *directa*.

Resulta pues:

Primero. Que cada movimiento del iman conductor origina una corriente eléctrica en el circuito inducido.

Segundo. Que la corriente debida á la aproximacion del iman conductor se mueve en el circuito en direccion opuesta á la corriente originada por el movimiento de separacion.


FUNDACION JUANELO TURRIANO

Tercero. Que estas dos corrientes no duran más que el tiempo del movimiento del iman.

Cuarto. Que las corrientes de induccion son tanto más cortas en duracion y tanto más enérgicas ó intensas, cuanto más rápidos son los movimientos de aproximacion y de separacion.

Quinto. Que podemos, apoyándonos en las cuatro conclusiones anteriores, construir máquinas en las cuales se produzcan corrientes eléctricas por el rápido movimiento de uno ó de muchos imanes cerca de uno ó de muchos carretes provistos de sus correspondientes almas de hierro dulce. Tal es el fundamento de todas las *máquinas magneto-eléctricas.*

Sexto. Que podemos obtener los mismos resultados si en vez de mover los imanes cerca de los carretes, operamos al revés; esto es, poniendo los carretes en movimiento y dejando quietos los imanes.

Muchas son las máquinas que se han inventado y construido fundadas en estos principios. En ellas se obtiene, segun se deduce de cuanto acabamos de explicar, no una corriente contínua, como la que nos da una pila en el conductor que reune sus polos, sino una série de corrientes de cortísima duracion, alternativamente en sentidos opuestos y que se suceden unas á otras con gran rapidez en el conductor interpolar, esto es, en el conductor que ponga en comunicacion los extremos del hilo del carrete.

Estas máquinas se llaman de *corrientes alternativas.* Hay máquinas magneto-eléctricas cuya disposicion es tal, que naturalmente producen en el conductor interpolar una *corriente contínua.* Tal es la máquina primitiva


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de Gramme, de la que luego hemos de tratar. En estas máquinas puede decirse que uno de los extremos del conductor interpolar es constantemente polo positivo y el otro es siempre polo negativo. Por otra parte, las máquinas de corrientes alternativas, pueden, aunque con ciertos inconvenientes, producir la *corriente contínua*. Para ello deben estar provistas de un mecanismo ú órgano especial que se llama *conmutador*. Este órgano no puede á la verdad impedir que las corrientes sean alternativamente contrarias en el hilo inducido, pero permite que vayan todas en el mismo sentido en el conductor interpolar que es donde definitivamente hemos de utilizar la corriente eléctrica producida.

Cada uno de estos dos tipos de máquinas tiene sus aplicaciones especiales. Para producir la luz eléctrica pueden emplearse, en general, ambos tipos, lo mismo el de corrientes alternativas que el de corrientes contínuas. Si se ha de emplear la bujía Jablochkoff es indispensable la de corrientes alternativas por razones ya expuestas en otro lugar de esta obra. Para las aplicaciones á la galvanoplastia, al dorado, àl plateado, al cobreado, y en general, para las descomposiciones químicas, es indispensable la máquina de corriente contínua; y se comprende que así deba suceder sin más que considerar que con las máquinas de corrientes alternativas sucederia que las corrientes inversas anularian el efecto producido por las directas, y tendríamos el tejer y destejer de la tela de Penélope, ó sea un resultado nulo.

Conviene aquí salir al paso á una reflexion que podria brotar en la mente del lector, al ver la sencillez de los principios en que se fundan las máquinas magneto-


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

eléctricas. «Puesto que las corrientes eléctricas que estas »máquinas producen (pensará acaso el lector) pueden ser »muy poderosas, y se obtienen por el movimiento del »iman, y éste se mueve en el aire *sin hacer trabajo algu-* »*no importante* fuera del escasísimo que se emplee en »vencer las resistencias pasivas, ¿quién sabe si se podria »obtener con estas máquinas nuevas el movimiento con- »tínuo? Si la corriente producida es tan poderosa, apli- »quemos una parte de ella como motor para entretener »el movimiento del iman, y todo lo que nos sobre pode- »mos utilizarlo como motor para una máquina-herra- »mienta, como un torno ó un telar, ó para producir »descomposiciones químicas, ó como calor, ó como luz; »y tendremos un efecto útil producido que no nos habrá »costado nada: tendremos resuelto el movimiento con- »tínuo.»

Nada de esto es cierto: nada de esto es posible: el problema del movimiento contínuo no es un problema: es una quimera: es un absurdo. Perseguido por muchos durante el pasado siglo y por muchos más en los principios del nuestro, hoy no pueden pensar en él más que personas cuya inteligencia sufre en este punto concreto un verdadero extravío, ó bien las que desconocen el principio de la trasformacion de las fuerzas naturales las unas en las otras, trasformacion que se hace con *perfecta equivalencia*. Al hombre no le es dado crear las fuerzas: solamente puede trasformarlas; pero sin que en la trasformacion pueda ganarse ni perderse nada. Donde se ve la absoluta imposibilidad en el terreno teórico, y por lo tanto en el práctico de resolver una cuestion cuyo sólo enunciado es una verdadera herejía científica. El propó-



sito de resolverla es tan insensato como el de aquel que se empeñase en crear la materia, ó en crear el movimiento, ó en buscar un triángulo en que la suma de los tres ángulos valiese más de dos rectos. El error de la persona que discurriese como hemos dicho en el entrecomado anterior, está contenido en las palabras subrayacas. En efecto, esa persona suponia equivocadamente que al acercar ó desviar un iman al circuito, no tendríamos que hacer otro trabajo que el escasísimo que absorbiesen las resistencias pasivas, siendo así que tendríamos que hacer además de ese, un trabajo *equivalente* á la fuerza creada: un trabajo, que seria teóricamente el mismo que podria producir la corriente obtenida. De modo que para obtener el trabajo de la corriente, ó sea la nueva fuerza, tendríamos que gastar este mismo trabajo, más el absorbido por las resistencias pasivas.

No entra en nuestro propósito el describir minuciosamente las máquinas magneto-eléctricas, todas las cuales tienen por objeto realizar la trasformacion de la fuerza motriz ó del trabajo ordinario en electricidad. Citaremos entre ellas las de Nollet, de Wilde, de Holmes, de Ladd, de Wallace Fermer, de Lontin, de Meritens y de Brush, y solamente estudiaremos la de *Gramme*, que es la única que ha logrado introducirse y aclimatarse en España, gracias á la iniciativa del conocido físico barcelonés, D. Tomás Dalmau, fabricante de instrumentos científicos, el cual ha desplegado en la construccion de estas máquinas todas las dotes de inteligencia, actividad y perseverancia que en envidiable grado posee. Así es que las que salen de su taller nada tienen que envidiar á las francesas; pudiéndose decir que no echa-



rán de ménos en la casa del señor Dalmau, su padre adoptivo en España, el esmero en la construccion que encuentran en la casa del padre verdadero, M. Gramme.

DESCRIPCION DE LA MÁQUINA

MAGNETO-ELÉCTRICA DE M. GRAMME, Ó MÁQUINA DE GABINETE.

Empezaremos por describir la pequeña máquina de Gramme, ó máquina de gabinete; y para la más fácil comprension de ella, hemos dibujado una *máquina ideal,* que es el mejor modo de dar á conocer á nuestros lectores con la suficiente claridad el cómo se producen y recogen las corrientes de induccion en este aparato.

La figura número 10 representa esa máquina ideal. Sobre un árbol metálico horizontal *O* vá montado un gran anillo de hierro dulce *BsAn;* de modo que haciendo girar dicho árbol por medio de un manubrio, girará con él el anillo. Alrededor de éste, y sujeto á él invariablemente, vá arrollado en hélice un hilo de cobre recubierto de seda ó aislado de cualquier otro modo. Este hilo ó alambre forma un circuito cerrado.

Dicho alambre, en nuestro dibujo, solamente da 16 vueltas ó espirales alrededor del anillo: no hemos puesto más espirales á fin de que la figura sea clara; mas en la práctica hay un grandísimo número de vueltas, las cua-



les no solamente recubren por completo el anillo sino que van unas sobre otras. Cada una de las 16 espirales comunica con el extremo de un conductor radial; esto es, de un conductor dirigido segun el radio del anillo. El otro extremo del conductor radial comunica con una tira metálica paralela al eje é incrustada en la superficie externa del anillo cilíndrico *MM*, anillo formado de una sustancia no conductora de la electricidad, y que vá montado y fijo sobre el árbol *O*. Habrá, pues, los 16 conductores radiales que van numerados en la figura. El anillo cilíndrico *MM* se ve punteado en la figura, y sobre él se ven, destacando en negro, las 16 tiras metálicas. Dos escobillas metálicas *E* y *F*, formadas por hilos de cobre desnudos, están contínuamente apoyándose sobre el anillo *MM* en su diámetro horizontal. En la posicion que la figura representa, la escobilla *E* se apoya sobre la tira metálica que comunica con el conductor radial número 5, y la *F* se apoya sobre la tira metálica que comunica con el conductor radial número 13. Todas las otras 14 tiras metálicas están aisladas y no pueden comunicar con las escobillas, en el instante que la figura representa.

En el momento indicado en la figura, el circuito del anillo no comunica con ninguna pieza metálica más que con las escobillas *E* y *F*.

En el diámetro vertical del anillo, á la parte exterior de éste, y muy cerca de él, están los dos polos magnéticos contrarios *N* y *S* de un poderoso iman. En la figura hemos colocado arriba el polo norte *N* y abajo el polo sur señalado con la letra *S*.

Si por medio del manubrio hacemos girar en el sen-



tido que marcan las grandes flechas p y q el gran anillo

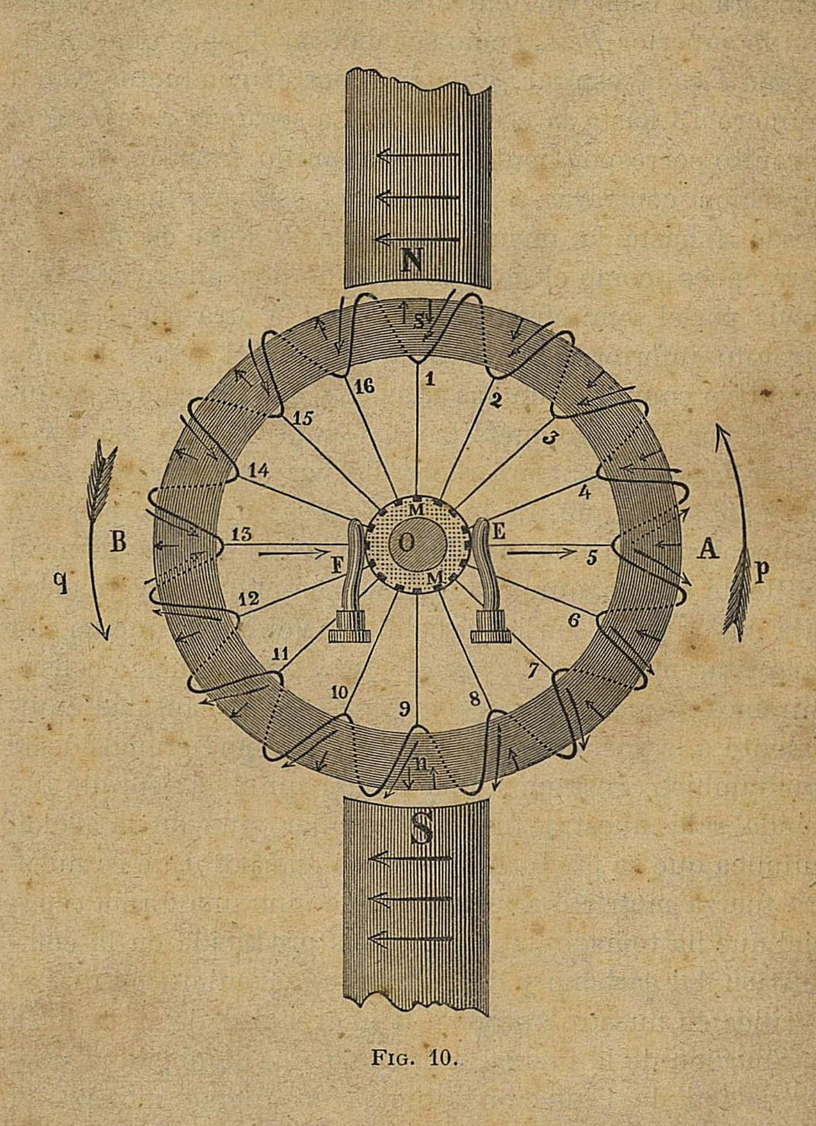


Fig. 10.

BsAn, y con él el circuito en espiral que lo recubre,

harán en este circuito dos corrientes de induccion. La primera de estas corrientes recorrerá el circuito del semi-anillo superior *BsA*, como señalan las flechas que acompañan á cada espiral, y llegará por el conductor radial número 13 hasta la escobilla *F*. La segunda recorrerá el circuito correspondiente al semi-anillo inferior *BnA* en direccion contraria á la primera, esto es, marchando desde *A* hasta la misma escobilla *F*. Esta escobilla *F* será, pues, como el polo positivo de dos pilas, una formada por el semi-circuito superior y la otra por el semi-circuito inferior. La escobilla *E* hará el papel de polo negativo comun de dichas pilas. Luego si hacemos comunicar por un hilo metálico los polos *F* y *E*, este *hilo interpolar* se encontrará recorrido por una corriente *eléctrica inducida,* que irá de *F* á *E*, ó sea del polo positivo al negativo. En una palabra, miéntras se hace girar el anillo de esta máquina tendremos en ella una verdadera pila cuyos polos son las escobillas. Verdad es que en ella no gastaremos *accion química;* pero gastaremos ó consumiremos *fuerza motriz de nuestro cuerpo* en cantidad equivalente á la accion química. En rigor pudiéramos decir que tambien gastamos una accion química; porque ¿de dónde sale nuestra fuerza muscular sino de la accion química que se produce en nuestro cuerpo? ¿Qué es nuestra fuerza motriz ó nuestro trabajo sino una forma especial que ha tomado la fuerza viva producida en la combustion del carbono y del hidrógeno, combustion que se verifica en nuestro cuerpo? Bajo el punto de vista de la produccion de la fuerza motriz, ó mejor dicho, de la trasformacion de la accion química en fuerza motriz, la máquina animal no se diferencia en el fondo de una

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

máquina de vapor, donde tambien se efectúa la misma trasformacion de la accion química de la combustion, en fuerza motriz ó trabajo mecánico.

En la máquina ideal descrita y representada en la figura 10, y durante una vuelta completa del anillo, la escobilla *F* se habrá puesto sucesivamente en comunicacion con cada uno de los 16 conductores radiales, y por lo tanto habrán recorrido el conductor interpolar que ligue las escobillas 16 corrientes de corta duracion que irán todas en el mismo sentido en dicho conductor. Mas ha de advertirse, *primero:* que en las máquinas de Gramme hay muchos más conductores radiales que los 16 que hemos dibujado; *segundo:* que cada conductor radial corresponde no á una sola vuelta ó espiral del circuito, sino á un conjunto de espirales que ocupan dos ó tres centímetros del anillo y que van colocadas unas sobre otras formando un verdadero carrete; *tercero:* que siendo tan numerosos los carretes, y siendo en igual número los conductores radiales y las tiras metálicas incrustadas sobre el cilindro aislador *MM*, resulta que las escobillas tocan cada una á dos ó tres tiras á la vez, de modo que siempre está el circuito del anillo en comunicacion con las escobillas, y por lo tanto la corriente no se interrumpirá nunca en el conductor interpolar: la corriente será *contínua*.

Si hiciéramos girar el anillo en sentido contrario á las grandes flechas *p* y *q*, cambiarán los polos de la máquina, y cambiará la direccion de la corriente, en el conductor interpolar. La escobilla *E* seria el polo positivo y la *F* el negativo, al revés de lo que ántes sucedia. Esta observacion es de una importancia capital, y no debe



olvidarse nunca, con tanto más motivo cuanto que una cosa muy distinta pasa con la máquina industrial de Gramme de que despues nos ocuparemos, y cuya analogía con la que acabamos de describir, parece perfecta, á primera vista, siendo así que no lo es.

Explicacion de la máquina de Gramme.—La presencia de los polos magnéticos *N* y *S* hace nacer en el anillo los polos magnéticos contrarios *s* y *n*. Admitiendo las hipotéticas corrientes de Ampère en los imanes, tendremos que la direccion de estas corrientes tanto en el iman como en el anillo de hierro dulce imantado por la influencia de los polos *N* y *S*, será la que marcan las flechas de la figura.

Fijemos ahora nuestra atencion en una cualquiera de las espirales, por ejemplo en la que corresponde al conductor radial número 3. (Lo que digamos de esta espiral número 3 de la máquina ideal queda dicho del carrete número 3 que ocuparia el mismo lugar en la máquina de Gramme).

Consideremos que el anillo se puede suponer como formado por dos semi-anillos imantados, ó sea por dos imanes semi-circulares: el de la izquierda, que es el *sAn* y el de la derecha que es el *sBn*. Consideremos además que al girar el anillo de hierro dulce imantado, girará con él el circuito de las espirales, pero que los *polos magnéticos s* y *n no se moverán de su sitio*. Ahora bien; al moverse la espiral número 3 en el sentido que marcan las grandes flechas *p* y *q*, esta espiral ¿se aproxima al iman *sAn* ó se separa de él? Es evidente que se separa porque ya ha pasado del punto medio *A* del iman *sAn;* luego en el hilo de esa espiral se producirá *una*



corriente inducida de separacion ó directa, esto es, en el mismo sentido que van las corrientes magnéticas de Ampère en el iman *sAn:* sentido que en la figura lo marcan las flechas pequeñas. Por otro lado, la espiral número 3 se aproxima al iman *sBn* formado por el otro semi-anillo; y este movimiento producirá en ella una *corriente inducida de aproximacion ó inversa,* esto es, en sentido contrario á las corrientes magnéticas de Ampère en el iman *sBn.* Resulta, pues, que tanto por razon de la separacion del primer iman como de la aproximacion del segundo, la espiral ó carrete número 3 será el sitio de una corriente parcial que se dirigirá hácia la escobilla *F.* Esta escobilla puede por lo tanto considerarse como el polo positivo de una pila cuyos elementos son las espirales ó carretes y cuyo polo negativo es la escobilla *E.*

Si se analiza ahora lo que pasa en las espirales del semi-anillo *BnA*, veremos que tambien en ellas van las corrientes dirigidas hácia la escobilla *F*, y que el conjunto de dichas espirales forma una pila cuyo polo positivo es *F* y el negativo *E.* Teniendo ambas pilas comunes los polos del mismo nombre, formarán ambas una sola pila cuyas dos mitades *están dispuestas en cantidad.*

Tal es la sucinta explicacion de la máquina Gramme. Tambien contribuye al desarrollo de la electricidad en ella, la accion propia y directa de los polos magnéticos *N* y *S.*

Sin necesidad de advertirlo comprenderá el lector que del mismo modo que hemos supuesto los polos magnéticos *N* y *S* colocados sobre la vertical que pasa por el centro del anillo, pudimos colocarlos sobre el horizon-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

tal *BA*; pero en este último caso las escobillas deberian tocar al cilindro *MM* sobre el diámetro vertical. La línea que une los puntos de contacto de las escobillas ha de ser próximamente perpendicular á la que une los polos magnéticos *N* y *S*.

Los polos magnéticos *N* y *S* pueden pertenecer á dos imanes distintos; pero lo más natural, lo más cómodo y lo más barato es hacer que pertenezcan al mismo iman. Esta última disposicion es la adoptada por M. Gramme, el cual emplea un poderoso iman Jamin formado por un gran número de largas bandas de acero fuertemente imantadas, reunidas por los polos del mismo nombre, y encorvadas formando un arco ó herradura.

Hemos visto que las escobillas constituyen los polos de la máquina, y que con ellas se han de hacer comunicar los extremos del conductor por donde queremos que la corriente circule. Para facilitar esta última operacion las escobillas comunican respectivamente con los *tornillos prensadores* que es donde se sujetan los extremos del conductor sometido á la experiencia.

Terminada la descripcion teórica de la máquina magneto-eléctrica de Gramme y expuesto el modo de funcionar de este admirable aparato, damos á conocer en la figura n.° 11 una de las formas que se le da en la práctica. Dicha figura representa una perspectiva de la máquina vista por el lado donde están las escobillas: se ven éstas claramente: se ven los hilos que comunican con las escobillas, verdaderos polos de la pila: se ve un gran iman Jamin, cuyos polos magnéticos están en un diámetro horizontal del anillo: se ve este anillo entre dichos polos: y finalmente, se ve en la parte posterior



una rueda dentada provista de un manubrio. Esta rueda engrana con un pequeño piñon que vá montado sobre el árbol del anillo. Cuando por medio del manubrio se hace girar la rueda dentada, ésta comunica su movimiento de

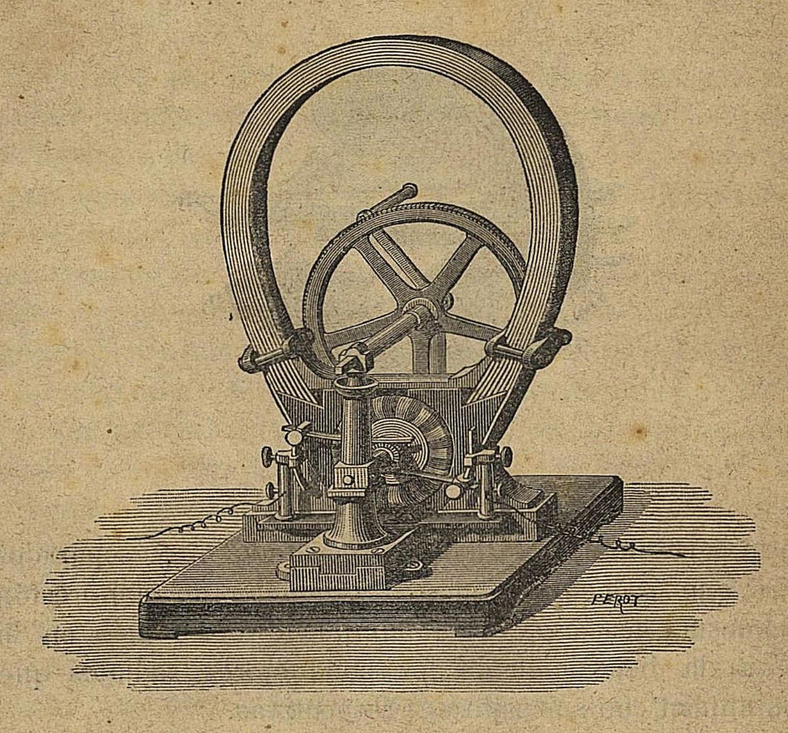


Fig. 11.

rotacion al piñon, girando por lo tanto el árbol. No se monta directamente la rueda sobre el árbol del anillo, porque seria imposible dar á éste una gran velocidad: esta gran velocidad se obtiene por medio del piñon.

FUNDACION JUANELO TURRIANO

La figura n.° 12 representa un corte del anillo en perspectiva. El anillo de hierro dulce *A* está formado por alambres de hierro. Los carretes ó espirales que van arrollados al anillo se han representado en la parte alta de la figura como realmente están en la práctica; pero

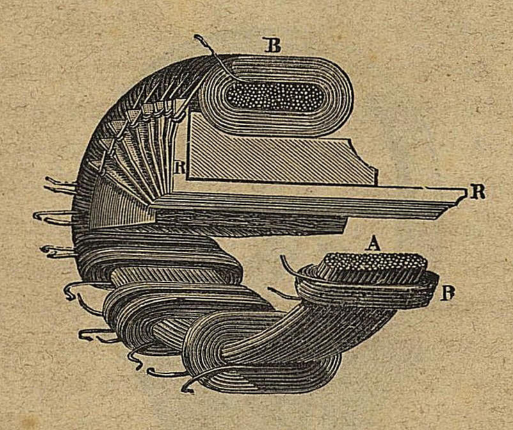


FIG. 12.

en la parte inferior se han representado muy separados para que el lector se haga cargo mejor de cómo están dispuestas las cosas. Tambien puede observarse en la figura la disposicion de los conductores radiales que comunican con sus espirales respectivas.

FUNDACION JUANELO TURRIANO

MÁQUINA DINAMO-ELÉCTRICA DE GRAMME,

Ó MÁQUINA INDUSTRIAL.

La diferencia esencial entre esta máquina y la *magneto-eléctrica* ya explicada, consiste en que en lugar de imanes lleva *electro-imanes*.

Se llama *electro-iman*, en general, á un cilindro de hierro dulce, alrededor del cual se arrolla dando un gran número de vueltas un alambre ó hilo metálico, de cobre por lo comun, recubierto de seda ó aislado de cualquier otro modo para que no se comuniquen entre sí las espirales. A veces, en lugar de arrollar el hilo directamente sobre el hierro dulce, se arrolla en un carrete de madera ó de carton, hueco, en cuyo interior se coloca el hierro dulce. Se fabrican los electro-imanes de formas muy variadas, segun los usos á que se los destina, y constituyen órganos importantísimos en muchos aparatos físicos y máquinas donde se hace aplicacion de la electricidad.

Cuando se hace circular una enérgica corriente eléctrica por el hilo de un electro-iman, el hierro dulce que forma el alma de éste, se convierte en iman poderoso; mas en el momento en que cesa la accion de la corriente, cesa su efecto, que era la imantacion del hierro dulce. De aquí el nombre de *electro-iman* (iman por virtud de la electricidad) y tambien el de *iman temporal* con que indistintamente se designa dicho órgano.


FUNDACION JUANELO TURRIANO

Atribúyese á Siemens y á Wheatstone la primera idea de sustituir los imanes permanentes de las máquinas magneto-eléctricas por electro-imanes, idea que ha dado nacimiento á las llamadas máquinas dinamo-eléctricas, y que no solamente ha utilizado M. Gramme sino tambien otros inventores.

Imaginemos que reemplazamos los dos polos magnéticos *N* y *S* de la figura 10 por los polos de un poderoso electro-iman, cuyo hilo por sus respectivos extremos comunica con las escobillas. Entónces el hilo del electro-iman y el circuito del anillo formarán un solo circuito cerrado. Rompamos este único circuito en un punto cualquiera, y los dos extremos que de esta rotura resulten serán los polos eléctricos de la máquina. En una cosa tan sencilla está basada la máquina industrial de Gramme de corriente contínua que vamos á describir.

La figura 13 representa esa máquina bajo una forma simplificada é ideal, pero apropiada para que el lector pueda penetrar á fondo en el conocimiento de ella, cosa que seria difícil conseguir de otro modo con una sola figura. Con respecto al anillo, á las escobillas, á los conductores radiales, nada nuevo tenemos que explicar ni añadir á lo explicado en la figura 10. El lector puede ver que estos órganos son idénticos á los que ya conoce. En vez de los polos magnéticos del iman de la figura 10, verá el lector los polos *N* y *S* de dos electro-imanes cilíndricos largos, *AB* y *CD*. Los polos eléctricos de la máquina, son los tornillos prensadores *a* y *b*, á los cuales se fijan los extremos del conductor interpolar *abc*, por donde queremos que circule la corriente eléctrica que la máquina produzca cuando pongamos en movimiento al

anillo. La figura 13 indica claramente cómo vá arrollado el hilo á los electro-imanes. Obsérvese bien que este hilo,

FIG. 13.

el que vá arrollado al anillo, y finalmente el conductor *abc, donde suponemos que la corriente se utilice,* produ-



ciendo calor ó luz, ó fuerza motriz, ó accion química, etc., forman un solo circuito cerrado lo mismo cuando el anillo está quieto que durante todos los instantes de su movimiento. Las flechas indican claramente la direccion de la corriente que nacerá en ese circuito cerrado cuando se haga girar el anillo en la direccion que marca la gran flecha *F*. El hilo del anillo constituirá entónces como una pila eléctrica, cuyo polo positivo es la escobilla *m* y el negativo es la escobilla *r*. La corriente que sale del polo positivo *m* vá á recorrer el hilo del cilindro de hierro dulce *NB*: llega á *b*: corre el conductor interpolar *bca* produciendo allí su efecto útil (luz ó cualquiera otro): llega á *a* y recorre el hilo del cilindro *NA*: desciende al cilindro *CS*: recorre el hilo de este electroiman: recorre despues el hilo del cilindro *SD*: finalmente, al salir de éste vá al polo negativo *r*. Vemos que el circuito está cerrado.

Debemos ahora hacer varias observaciones.

Primera. Cuando el circuito está cerrado, y hacemos girar el anillo como indica la flecha *F*, notaremos que éste opone gran resistencia al movimiento, esto es, que hacemos gran consumo de fuerza ó de trabajo. Nada tiene esto de extraño, puesto que producimos una fuerza, que no otra cosa es la corriente eléctrica producida.

Segunda. Cuando quitamos el conductor *abc*, ó cuando simplemente quitamos uno de sus extremos del tornillo prensador en que esté sujeto, es claro que el circuito de la máquina está abierto: no puede entónces producirse corriente aun cuando hagamos girar el anillo: no costará entónces gran trabajo poner á éste en rotacion y ménos aun sostener su movimiento; cosa que se explica fácil-


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mente por cuanto en este caso tampoco producimos efecto útil alguno.

Tercera. Es de la mayor importancia observar que la espiral del cilindro inferior *CD*, en la mitad *CS* de este cilindro vá arrollada en un sentido distinto del de la otra mitad *SD*, lo cual hace que la corriente aparezca como ascendente en la parte anterior de *CS*, y descendente en la parte anterior de *SD*, y como consecuencia de este cambio que sufre la espiral en medio del electro-iman *CD*, éste presentará en su punto medio un *polo magnético* cuando la corriente lo imante. Este polo magnético, por estar en medio del electro-iman *CD* se llama *punto consecuente*. Está señalado en la figura con la letra *S*, y es un polo sur. Claro está que el electro-iman *CD* tendrá un polo norte en uno de sus extremos *C* y otro norte en el otro extremo *D*.

Todo cuanto acabamos de decir en esta tercera observacion, respecto al electro-iman *CD*, se aplicará al superior *AB*, el cual presentará en medio un polo norte *N* y dos polos sur en sus extremos *A* y *B*.

Cuarta. Por hacer la figura más clara, hemos representado los cilindros *AB* y *CD* perpendiculares al eje del anillo, siendo así que en la práctica van colocados paralelamente á dicho eje.

Quinta. En la máquina industrial de la figura 13, los polos magnéticos *N* y *S* de los electro-imanes, provocarán los polos contrarios *s'* y *n'* en los puntos más próximos del anillo, esto es, en los extremos del diámetro vertical de éste.


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

TEORÍA DE LA MÁQUINA DINAMO-ELÉCTRICA DE GRAMME.

Vamos ahora á abordar el punto más delicado que tiene la teoría de la máquina industrial de Gramme.

¿Cómo se produce la electricidad que en tan portentosa corriente nos dan esas máquinas? Es evidente que en ellas, como en la máquina magneto-eléctrica ya explicada, la corriente es una forma nueva de la fuerza motriz gastada en la rotacion del anillo; pero ¿cómo se hace la trasformacion? Ya vimos que en la máquina magneto-eléctrica se hacia *mediante la induccion ó influencia de un iman;* pero en ésta no tenemos, al parecer, iman alguno. Sin embargo, tambien recurrimos para la explicacion á la induccion magnética. Hé aquí la explicacion que se admite como buena, aunque en nuestro concepto necesita que algunos experimentos vengan á robustecerla y confirmarla.

Los cilindros de hierro dulce *AB* y *CD tienen naturalmente* una *débil* imantacion debida á la accion terrestre, imantacion que llamaremos *natural* y *prévia* porque existe ántes de que la máquina funcione. Admitiendo esto, y admitiendo tambien por el momento que esa débil imantacion natural y prévia, sea en el sentido que marcan los polos N y S (norte y sur) de la figura 13, ¿qué deberá suceder cuando se haga girar el anillo en la direccion que marca la gran flecha *F*? *Sucederá lo mismo que ya se expli-*



có en la figura 10, esto es, que nacerá una corriente eléctrica (cuyo sentido señalan las flechas) en la espiral del anillo, mas esta corriente será debilísima, como hija de una débil induccion magnética; y la induccion será débil, porque débil es el magnetismo de los electro-imanes *AB* y *CD*. Esta corriente producida circulará por el hilo de los electro-imanes; *y como vá dirigida en el mismo sentido que la imantacion natural y prévia supuesta en éstos*, la imantacion crecerá en energía: este aumento de fuerza magnética provocará un aumento correspondiente en la intensidad de la corriente eléctrica: el incremento de la corriente provocará un aumento nuevo en la imantacion, y así irá todo aumentando hasta un límite que dependerá de las condiciones de la máquina, de la fuerza motriz que la impulsa, y de las resistencias totales: así se llegará al equilibrio dinámico, en que el trabajo de la potencia, equilibrando al de todas las resistencias reunidas, produce una velocidad constante.

Observacion.—Nótese que llegando á este caso tendremos: que el cilindro de hierro dulce *AB*, será un iman poderoso que tendrá un polo norte en medio: que el cilindro inferior de hierro dulce *CD*, será un iman poderoso que tendrá su polo sur en medio: que el anillo de hierro dulce tendrá cuatro polos magnéticos, los cuales pueden suponerse inmóviles en el espacio á pesar de la rotacion del anillo; estos polos son los *s'* y *n'* situados en el diámetro vertical del anillo y producidos en éste por la proximidad de los *N* y *S*, y los *n* y *s* producidos en el diámetro horizontal por la bifurcacion que en estos puntos sufre la corriente que circula por la espiral del anillo.



Hemos supuesto en lo que antecede que la imantacion natural y prévia de los cilindros de hierro dulce *AB* y *CD*, era en el sentido que marcan los polos *N* y *S*, lo cual es una suposicion gratuita. ¿Qué sucederá cuando esa imantacion sea más bien en el opuesto sentido? Si la teoría sobre que vamos apoyándonos es cierta, entónces, al hacer girar el anillo en la direccion que señala la gran flecha *F* de la figura 13, deberá obtenerse una corriente cuya direccion será opuesta á la producida en el caso anterior.

Observacion.—Nótese que en este segundo caso tendríamos cambiados los seis polos magnéticos *N*, *S*, *n'*, *s'*, *n*, *s*.

La rotacion que hemos dado al anillo en todo lo que antecede es la que señala la gran flecha *F*. Llamemos á esta rotacion, *rotacion directa*. ¿Qué sucederia si hiciésemos girar el anillo en la direccion contraria á la flecha *F*, ó sea con la rotacion inversa?

Dos casos pueden presentarse.

Primero.—La imantacion natural y prévia de los electroimanes *AB* y *CD*, es en el sentido que marca la figura 13. En este caso la rotacion inversa tiende á producir una corriente en los electro-imanes contraria á la que marcan las flechas de la figura, corriente que anularia la imantacion natural y prévia en vez de reforzarla como ántes hacia, y la máquina no debe producir electricidad: debe trabajar en vacío.

Segundo.—La imantacion natural y prévia de los electroimanes, es contraria á la que marca la figura 13. En este caso la rotacion inversa tiende á producir una corriente en los electro-imanes igual á la que marcan las flechas de la figura, corriente que anularia la imantacion natu-



ral y prévia, y la máquina tampoco deberia producir la electricidad.

Todos estos casos que aquí analizamos, han sido muy poco estudiados aun, y creemos que necesitan la sancion de repetidos experimentos, que vengan á confirmar la teoría basada sobre esa supuesta imantacion natural y prévia, ó que al contrario, la echen por tierra.

Con respecto á la posicion de las escobillas, la experiencia ha demostrado que no deben colocarse en los extremos del diámetro perpendicular al de los polos de los imanes ó de los electro-imanes, sino en otro diámetro que forma con éste un ángulo más ó ménos grande que depende de la intensidad del magnetismo y de la intensidad de la corriente. Las escobillas deben correrse este ángulo en el sentido de la rotacion.

La máquina magneto-eléctrica ha sido estudiada por M. Antoine Bréguet, en un folleto publicado este mismo año, y que lleva por título *Théorie de la machine de Gramme;* pero en nuestro concepto no estamos aun en posesion de una teoría satisfactoria. Ni M. Bréguet en su reciente trabajo que acabamos de citar, ni M. Fontaine en su libro casi exclusivamente escrito para dar á conocer esa máquina, ni lo que es más extraño todavía, M. Dumoncel en su tratado de las *Aplicaciones de la electricidad,* abordan el delicado asunto de explicar cómo funciona este aparato. Todos se contentan con explicar la máquina de *imanes permanentes,* creyendo que con esto y con indicar luego que los imanes se pueden sustituir por electro-imanes puestos en actividad por la corriente misma producida por la máquina, queda explicada la máquina industrial ó dinamo-eléctrica. Nosotros creemos,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

por el contrario, que no tenemos explicacion alguna. Entre la máquina magneto-eléctrica, ó sea de imanes permanentes, y la dinamo-eléctrica, ó de electro-imanes, hay diferencias grandísimas sobre las cuales, léjos de explicarlas, se guarda un lamentable silencio; y lo llamamos así porque no nos parece digno de hombres que cultivan la ciencia.

La máquina de imanes permanentes, produce siempre la corriente eléctrica cualquiera que sea la direccion del movimiento; la de electro-imanes no produce una corriente de alguna intensidad sino cuando se la hace girar en el sentido conveniente. Si se envia una corriente eléctrica á la primera, ésta girará en un sentido ó en el opuesto, segun sea la direccion de la corriente; al paso que la segunda girará siempre en el mismo sentido, cualquiera que sea la direccion de la corriente que se le envie. Diferencias son estas tan importantes, que cuando ménos merecen que se consignen, y que prueban que la explicacion de la primera máquina no puede servir para la segunda, sin notables aclaraciones que expliquen el porqué de esas diferencias. El mismo lamentable silencio guardan M. Fontaine y M. Dumoncel sobre la posicion de las escobillas frotadoras, hasta que M. Bréguet ha abordado recientemente el estudio de este punto oscuro de la máquina. Nosotros no tratamos de hacer aquí un cargo á aquellos físicos porque no han dado explicaciones que no tenian; pero creemos censurables el suponer claro y sencillo lo que se ignora completamente, y el pasar en silencio *hechos* conocidos porque no se sabe explicarlos.

Remontándonos ahora á la causa inicial del desarrollo

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

de la electricidad en la máquina de electro-imanes, tropezaremos allí con no pocas dificultades para explicarnos este desarrollo. Se cree, como ya lo hemos manifestado en otra parte, que la causa inicial es el magnetismo terrestre, el cual convierte en débiles imanes á los electro-imanes. Pero desde luego ocurre esta objecion que no sabemos contestar: siendo paralelos los electro-imanes, y teniendo por consiguiente la misma orientacion, tendrán en frente polos análogos, y precisamente se necesita que sean contrarios los polos que se encuentren frente á frente. A esta objecion podria oponerse por respuesta que la imantacion no seria igualmente fuerte en ambos electro-imanes y que la más pequeña diferencia en uno ú otro sentido, bastará para iniciar una corriente.

Si así fuera, nadie podrá asegurar *á priori* y con una máquina que no haya funcionado nunca, en qué sentido se producirá la corriente eléctrica. La experiencia sola podrá confirmar ó echar por tierra esta consecuencia de la hipótesis; si lo primero, la hipótesis seria robustecida: si lo segundo, seria destruida y con ella la explicacion que en tal hipótesis se fundaba.

Estas consideraciones nos demuestran que aun suponiendo conocida la explicacion del fenómeno físico de *la induccion* (siendo así que en rigor nos es desconocida), todavía tropezamos con grandes dificultades para explicar la máquina dinamo-eléctrica de Gramme.


FUNDACION JUANELO TURRIANO

REVERSIBILIDAD DE LA MÁQUINA DE GRAMME.

Si por medio de una pila puesta en *c* enviamos á la máquina dinamo-eléctrica representada en la figura 13 una corriente de modo que entre por el tornillo compresor *a*, sucederá lo siguiente: la corriente eléctrica entrará en el hilo del semi-cilindro *NA* produciendo un polo norte en *N* y un sur en *A*: descenderá despues á recorrer el hilo del semi-cilindro *CS* produciendo un polo norte en *C* y uno sur en *S*: recorrerá despues el semi-cilindro *SD* produciendo un polo sur en *S* y uno norte en *D*: subirá á buscar la escobilla frotadora *r*: de ésta, por el conductor radial número 1, penetrará en la espiral del anillo: allí se bifurca la corriente: la mitad recorre el hilo del semi-anillo superior, y llega por el conductor radial número 9 á la escobilla *m*: de ésta pasa á recorrer el hilo del semi-cilindro superior *NB*, produciendo un polo norte en *N* y uno sur en *B*: sale finalmente de este hilo para llegar al tornillo *b* y de aquí al polo negativo de la pila. La corriente sigue en todo el circuito la direccion que marcan las flechas grandes: las pequeñas indican la direccion del magnetismo en el hierro dulce de los electro-imanes ó sean las hipotéticas corrientes de Ampère.

Ahora bien: si cuando hacíamos girar la máquina en el sentido de la flecha *F* se producia una corriente eléctrica en el sentido que marca la figura, claro es, en



virtud de una ley física concdida que lleva el nombre de ley de Lenz, que si hacemos circular por la máquina una corriente extraña en el mismo sentido que la que ántes se producia en el anillo, éste se pondrá á girar en el sentido opuesto al movimiento que le comunicábamos. Si cambiamos la direccion de la corriente, no por eso cambiará el sentido del movimiento del anillo, porque con el cambio de la corriente coincide el cambio de los polos magnéticos *N* y *S*.

No sucede así en la máquina magneto-eléctrica ó de imanes permanentes; en ella al cambio de direccion de la corriente corresponde el cambio en el sentido de la rotacion del anillo; y la razon de esta diferencia estriba en que aun cuando cambie la corriente en ella, subsisten los polos. Aquí vemos otra diferencia esencial entre ambas máquinas, consecuencia de la que anteriormente señalábamos. En efecto; vimos que la máquina no daba corriente intensa más que cuando giraba en determinado sentido, y de aquí pudimos ya deducir que toda corriente la haria girar en el sentido opuesto.

La máquina de Gramme es reversible, y por lo tanto puede servir para dos aplicaciones opuestas: como generador de electricidad consumiendo ó gastando fuerza: como motor, ó sea como generador de fuerza consumiendo ó gastando electricidad. En el primer caso opera la trasformacion de la fuerza mecánica en electricidad: en el segundo ejecuta la trasformacion inversa. En ambos casos se saldrá perdiendo algo en la trasformacion, *porque no hay máquinas perfectas*; pero así y todo el ánimo se maravilla y embarga al contemplar los efectos de este sorprendente aparato.



Terminada la descripcion de las dos máquinas de Gramme de *corrientes contínuas*, daremos á conocer la de *corrientes alternativas*.

Los inventores de las máquinas generadoras de electricidad persiguieron siempre el ideal de encontrar una que produjese corriente contínua; porque tanto bajo el punto de vista de las aplicaciones, como bajo el aspecto teórico ó puramente científico, esto era lo más racional. Así llegaron á obtener varias, entre las cuales descuella la de Gramme como la más perfecta, la más barata y la de ménos complicacion y peso. A ella, por tanto, hubo de recurrir Mr. Jablochkoff para los ensayos de alumbrado en algunas calles y plazas de Paris. Empleando los reguladores ó lámparas eléctricas, ningun inconveniente tiene el uso de las máquinas de corriente contínua; mas la invencion de la bujía Jablochkoff en sustitucion de los reguladores para el alumbrado público, hizo patente un inconveniente difícil de allanar, cual fué el desigual desgaste de los dos carbones. Despues de muchas infructuosas tentativas para vencer este grave obstáculo, ocurrió á Mr. Jablochkoff la feliz idea de eludirlo por el empleo de las máquinas de corrientes alternativas, con las cuales, siendo cada uno de los carbones de la bujía alternativamente positivo y negativo, el desgaste de éstos debe ser perfectamente igual. Y aquí tienen nuestros lectores el motivo que hizo volver los ojos de la Compañía general de electricidad que tenia en este asunto cuantiosos capitales invertidos, hácia las antiguas máqui-



nas de corrientes alternativas hasta entónces miradas con cierto desden jnstificado.

M. Gramme, que hacia mucho tiempo habia ideado y aun tomado privilegio de invencion para varios modelos de este género, que habia sucesivamente abandonado por buscar una buena máquina de corriente contínua, se dió prisa á satisfacer los deseos de la Compañía, inventando un nuevo modelo de máquina de corrientes alternativas. Tal fué la ocasion que dió nacimiento á la que hoy funciona en Paris, adoptada por Mr. Jablochkoff, y cuyos dibujos, en elevacion vertical y en corte, reproducimos en las páginas 29 y 32.

Como todo generador de electricidad de induccion, tiene éste su sistema inductor y su inducido. El inductor se compone de ocho electro-imanes dispuestos simétricamente alrededor del árbol de rotacion y paralelamente á éste. Sobre el árbol se encuentran fijos dos anillitos de laton aislados. El hilo de los ocho electro-imanes forma un solo circuito, cuyos extremos vienen á comunicar respectivamente con los dos anillos aislados. Dos escobillas frotadoras formadas por hilos de cobre plateados, puestas en comunicacion con los polos de una pila ó mejor con los de una pequeña máquina de corriente contínua que se llama *excitatriz,* apoyan cada una sobre uno de los anillos, á los cuales llevan la corriente eléctrica.

De aquí resulta que los ocho electro-imanes, se convierten, por virtud de la corriente, en poderosísimos imanes de una fuerza veinte veces mayor que la que podrian tener imanes permanentes. Al arrollar el hilo de los electro-imanes, debe cuidarse de que los polos que miran al exterior sean alternativamente contrarios; esto



es, norte, sur, norte, sur, etc. Los ocho electro-imanes son solidarios con el árbol de la máquina, de suerte que girando éste, girarán tambien aquellos. El árbol lleva su polea para recibir un rápido movimiento por medio de una correa y de una máquina motriz cualquiera, que es ordinariamente de vapor.

Conocido el sistema inductor, pasemos al inducido. Éste no es móvil alrededor del árbol como lo es el primero, sino que es fijo. Consiste en un cilindro de hierro dulce cuyo eje geométrico coincide con el del árbol de rotacion del inductor, de modo que lo envuelve completamente. Dicho cilindro hace el mismo papel en esta máquina que hacia en la antigua de Gramme el anillo de hierro dulce. El cilindro vá envuelto por un hilo de cobre recubierto de algodon y mástic aislador. El hilo se arrolla pasándolo por dentro y fuera del cilindro segun las generatrices de éste, y forma treinta y dos carretes, de los cuales cada uno puede suministrar una corriente separada, ó bien pueden combinarse entre sí aquellos en que circula la corriente en el mismo sentido, durante el mismo momento. Claro es que la corriente producida por cada carrete ó por cada grupo de carretes, será una *corriente alternativa*, esto es, que cambia de sentido á cada instante, puesto que delante de cada carrete pasan sucesivamente un polo norte, sur, norte, sur, etc. La velocidad de rotacion que se da al árbol es de 600 á 700 vueltas por minuto; y como en cada vuelta pasan ocho polos delante de cada carrete, resulta que la corriente en éste producida cambia de sentido ocho veces por vuelta, ó sean de 4800 á 5600 veces por minuto.

La máquina que acabamos de describir se llama *distri-*

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

butriz porque de ella salen diversos circuitos, cada uno de los cuales tiene su corriente eléctrica independiente de los otros. En la disposicion adoptada por M. Gramme cada circuito comprende ocho carretes relacionados entre sí. Una máquina de vapor de veinte caballos de fuerza pone en movimiento la máquina distributriz y la excitatriz que juntas componen el sistema. Éste ofrece cuatro circuitos alimentados por ocho carretes cada uno. Cada circuito puede alimentar cuatro bujías Jablochkoff, de modo que la máquina alimenta diez y seis bujías. Resulta de esto que la fuerza absorbida por bujía es de poco más de un caballo. La intensidad luminosa de la bujía es de cien lámparas Carcel, midiéndola del modo más favorable; pero en rigor sólo puede aprovecharse útilmente una tercera parte de esta luz.

Ya tienen nuestros lectores cuantos datos y experimentos se necesitan para conocer y apreciar por sí mismos, y sin exageraciones interesadas, el verdadero estado en que se encuentra hoy la importantísima cuestion del alumbrado público por la electricidad. Ya ven que por ahora no hay que aguardar de un modo inmediato ni el destronamiento del gas ni el abandono de una aplicacion nueva que se ha revelado de un modo brillante y que se presenta llena de promesas para el porvenir. ¿Quién hubiera vaticinado hace pocos años los progresos que ya hemos visto realizados? ¿Quién no sabe el brillante papel que hizo la luz eléctrica en Paris durante la última Exposicion universal? No pocos fueron los sabios extranjeros á quienes sorprendió el resultado obtenido en un simple ensayo, ántes de que tuviesen conocimiento de los medios de que se disponia.


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Por lo demás, el tiempo ha venido á darnos por completo la razon respecto á los tan cacareados inventos de Edison en este ramo. Por ahora, y mal que pese á los que creian en la omnipotente inventiva del ilustre ingeniero, todo lo que éste ha hecho en la via del alumbrado eléctrico, se reduce á desenterrar cosas ya sabidas y desechadas, á inventar generadores de electricidad inferiores á los conocidos, y á presentar un conjunto de medios que en definitiva vale ménos que los reunidos por Jablochkoff y Gramme en Paris.

Y es que no basta el genio para descubrir. Los descubrimientos verdaderos no se imponen: nacen como las grandes obras de arte: se necesita de la chispa del genio, pero tambien de algo que directamente la provoque, y este algo no ha de ser una órden de fuera, sino una inspiracion propia.

Convencidos de esto y de la inmensa dificultad del problema, acogimos con la desconfianza y la duda todos los telégramas y noticias que venian del Nuevo Mundo asegurando que Edison lo habia resuelto todo de un modo completo y satisfactorio. Porque, una de dos, ó estábamos siendo víctimas de una mistificacion escandalosa, acogida sin reserva lo mismo por la prensa de noticias como por la que de científica blasona, ó debíamos, en el caso de resultar cierto contra nuestra opinion lo que se decia, ceñir la frente del ingeniero americano con el laurel de la más espléndida victoria que el mundo científico presenciara. No vacilamos entónces en creer más probable lo primero, y la experiencia ha venido á confirmar nuestra fundada y triste prevision.

El problema de la divisibilidad de la luz eléctrica no



se ha resuelto verdaderamente: es más; no traslucimos por ahora, ni esperanzas de una resolucion completa; pero puede decirse *que en cierta medida,* se ha alcanzado una resolucion parcial, tanto por Gramme y Jablochkoff en sus últimos ensayos y para grandes luces, como por Reynier y Werdermann para luces eléctricas de pequeña intensidad. En efecto, acabamos de ver en el artículo precedente que de la *máquina distributriz* salen cuatro circuitos y que en cada uno de ellos hay intercaladas cuatro bujías Jablochkoff, lo cual es lo mismo que decir que todo el flúido eléctrico que se produce en dicha máquina, luce en diez y seis puntos distintos y bastante separados.

Con respecto al sistema de alumbrado eléctrico de Reynier y de Werdermann, que se llama *por incandescencia* en razon á no haber arco voltáico ó ser éste pequeñísimo, nada detallaremos por hoy, porque es materia que merece un artículo especial. Pero desde luego podemos decir de éste como de todos los sistemas de alumbrado eléctrico hasta ahora ensayados, que cuanto más se divide una corriente para obtener de ella focos luminosos distintos en vez de uno solo, más disminuye la cantidad total de la luz que se obtiene; lo cual constituye un inconveniente que viene á unirse á los muchos que se oponen á la resolucion del importante problema de la divisibilidad útil de la luz eléctrica.

FUNDACION JUANELO TURRIANO

APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA LUZ ELÉCTRICA.

La aplicacion más reciente que se ha hecho de la luz eléctrica ha sido el alumbrado público, y precisamente por ser la última es por lo que hemos empezado por ella, á fin de aprovechar la ocasion de oportunidad, y de satisfacer ante todo la natural curiosidad de nuestros lectores. Verdad es que de todas las aplicaciones que se han hecho de la luz eléctrica, la que se refiere al alumbrado público, esto es, á las calles y plazas de una poblacion, es la más atrevida y la de éxito más dudoso; tanto, que no podemos calificarla hasta ahora más que como una feliz tentativa, como un hermoso ensayo que se ha hecho en Francia y que se repite en Lóndres, en Stocolmo, en Amsterdam y en San Petersburgo. El último dirá si se aclimata definitivamente el alumbrado eléctrico, á lo ménos como alumbrado de lujo en las grandes vias de las principales capitales de Europa.

Ya hemos manifestado que si hoy el alumbrado eléctrico de las calles y plazas no puede competir en baratura con el del gas, nada podemos asegurar para mañana.

No sucede lo mismo con las otras aplicaciones de la luz eléctrica. En éstas puede asegurarse que dicha luz establecerá definitivamente su imperio, derrotando á todos los otros medios conocidos de alumbrado. Así vá sucediendo ya en los grandes talleres, en los grandes almacenes, en las grandes obras que se han de verificar de noche, ó en las que se ha de trabajar noche y dia sin


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

interrupcion, en las grandes estaciones de los ferrocarriles donde hay un inmenso movimiento de mercancías y de equipajes, y en los trabajos subterráneos. La luz eléctrica es irreemplazable en ciertos casos, como por ejemplo, en los faros, en las operaciones militares, en la navegacion, en los trabajos submarinos, y es de un empleo muy cómodo en otros, como en las proyecciones del microscopio, de la linterna mágica, en las representaciones teatrales, en iluminaciones y fiestas públicas, en las señales marítimas, etc.

Con respecto á la primera série de aplicaciones industriales de la luz eléctrica, hé aquí cómo se expresa M. Fontaine:

«En un gran número de industrias puede emplearse »con ventaja el alumbrado eléctrico, el cual no ofrece »inconveniente alguno y permite obtener con poco gasto »una hermosa luz. Ésta es tan abundante que, reflejada »por todos los objetos, se difunde en todos sentidos como »la luz del dia; no hay parte que pueda decirse que esté »en sombra absoluta; en todos los sitios se puede leer, »encontrar una herramienta, cargar, descargar, montar »máquinas, tejer, etc.

»A pesar de la potencia luminosa de un foco eléctrico, »si se trata de trabajos que exigen cierta precision, es »indispensable tener dos máquinas á fin de que las som- »bras producidas por una de las luces sean alumbradas »por la otra. En este caso, la extincion de cada lámpara »que se produce al cabo de tres ó cuatro horas de lucir, »no tiene inconveniente grave, porque durante los dos »minutos que dura la operacion de poner carbones nue- »vos, la luz de la otra lámpara permite la continuacion



»de los trabajos. La experiencia ha enseñado que el tra-»bajo que se hace con la luz eléctrica desnuda no fatiga »la vista; así es, que despues de algunos dias de emplear »los globos opalinos para templar la luz se los ha supri-»mido en casi todas partes, á peticion de los obreros.

»Todo el mundo sabe que la luz eléctrica conserva á »los colores sus matices naturales. Esta cualidad ha sido »utilizada por muchos tintoreros que tenian que trabajar »de noche.

»Cuando los techos de los talleres tienen ménos de »cuatro metros de elevacion, la instalacion eléctrica »ofrece más dificultades; pero puede sin embargo llevarse »á cabo por medio de un sistema particular de reflexion »de la luz de arriba abajo imaginado por M. Gramme y »perfeccionado por los señores Sautter Lemonnier.

»En general, podemos decir que para alumbrar con-»venientemente 500 metros cuadrados de un taller de »ajuste, de tornos, de máquinas, de herramientas, de »modelado, etc., se necesita una luz eléctrica; de modo »que cada luz no puede alumbrar bien más que 500 metros »cuadrados. En una filatura, en las salas de telares, en »una imprenta, se necesita una luz por cada superficie »de 250 metros cuadrados. Con estos datos se puede cal-»cular fácilmente el precio de una instalacion completa, »sabiendo que un aparato completo compuesto de lám-»para, máquina, hilo conductor, trasporte y colocacion »cuesta 2,400 pesetas.

»Un taller que se encuentre bien alumbrado con 20 »mecheros de gas, y que pague este flúido á real ó poco »más, no debe cambiar por ahora su alumbrado por el de »la luz eléctrica.»



Nuestros lectores se formarán una idea más exacta de los servicios que puede prestar en ciertos locales el alumbrado eléctrico, presentando aquí algunos ejemplos entresacados de las más notables instalaciones que se han hecho en el extranjero, ó visitando las que hay en Cataluña y que ha dirigido el señor Dalmau.

Taller de la Sociedad Gramme.—Esta es la más antigua de las instalaciones.—La sala alumbrada es cuadrada y tiene 12 metros de lado y 5 metros de alto. La luz eléctrica reemplazó 25 luces de gas, y cuesta por hora 60 céntimos de peseta.

Establecimiento Ducommun, en Mulhouse.—El taller de fundicion está alumbrado por cuatro lámparas Serrin alimentadas por cuatro máquinas Gramme del tipo normal, que es el que construye el señor Dalmau en Barcelona. Dicho taller tiene 56 metros de largo por 26 de ancho. Las lámparas están á 5 metros de alto. Las sombras arrojadas, que son muy intensas en los locales en que no hay más que un foco eléctrico, son en el taller de que nos ocupamos casi insensibles, gracias á los cruzamientos de los rayos de las cuatro luces. La instalacion completa ha costado 10,000 pesetas, que es la que hubiera costado la de 250 mecheros de gas. Los cuatro focos eléctricos producen tanta luz como 400 mecheros de gas.

Talleres Sautter, Lemmonnier y compañía.—Dedicados estos señores á la construcccion de faros, era natural que en sus talleres brillara la luz eléctrica, con tanto más motivo cuanto que se dedican tambien á la construccion de las máquinas Gramme. A pesar de las columnas, de las altas máquinas y aparatos, y de las correas que por todos lados cruzan el espacio en estos talleres, preciso es


FUNDACION JUANELO TURRIANO

confesar que están perfectamente alumbrados con tres lámparas, cuyas luces tienen cada una la intensidad de 150 lámparas Carcel. Cada lámpara eléctrica está alimentada por una máquina Gramme que absorbe dos caballos. Las luces están desnudas; y si bien es verdad que su vista lastima los ojos, los obreros han perdido el hábito de mirarlas y no parece que su uso ofrezca inconvenientes graves, bajo este punto de vista. Los carbones de las lámparas se consumen á razon de 7 centímetros por hora y cuestan á dos pesetas el metro. El gasto de carbones y el de la fuerza motriz constituye el gasto del alumbrado.

Fábricas de Menier, en Grenelle, en Noisiel y en Roye (Francia).—El conocido industrial M. Menier ha establecido el alumbrado eléctrico en su fábrica de azúcar, en la de cautchuc y en la de chocolate, instalando 3 máquinas Gramme en la primera, 3 en la segunda, y 8 en la tercera, cada máquina equivalente á 150 mecheros Carcel.

Filaturas.—En estos establecimientos, así como en todos aquellos en que las luces eléctricas deban estar cerca de los trabajadores y á no mucha altura sobre el suelo, será conveniente valerse de reflectores que envien la luz al techo, el cual debe estar pintado de blanco, de donde se reflejará difundida á todos los sitios de la sala. Juntamente con los reflectores podrán usarse pantallas que impidan la vista de la luz directa, que como hemos dicho, daña á los ojos, como lo hace cualquiera luz demasiado viva. En algunas filaturas de Cataluña, como por ejemplo en Manresa y en Sabadell, se ha establecido el alumbrado eléctrico. En el primer punto hay tres máquinas que iluminan 15 selfatinas. En la filatura de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Buxeda, en Sabadell, hay una sala de 58 metros de largo por 22 de ancho, que contiene 13 máquinas de hilar, 12 cardas, un batan y otros accesorios: está iluminada por tres lámparas eléctricas colocadas á poco más de 4 metros de altura, y ochenta operarios trabajan en ella.

Fábricas de tejidos, y tintorerías.—Muchas son las industrias de esta clase, en el extranjero, que han adoptado la luz eléctrica. Entre las primeras citaremos la de M. Manchon, en Rouen (Francia), y entre las segundas la de los señores Lafargue, Laprade y Avondo, en Milan; las de Gaidet é hijos, en Roubaix; la de Haincart, en Wasquehal; la de Maës, en Clichy; la de Coron y Vignat, en Saint-Etienne; la de Descat-Leleu, en Lila, etc.

El taller de tejidos de M. Manchon tiene 42 metros de largo, 24 de ancho, y 5 de alto, y comprende 160 telares, que se alumbraban de antiguo muy imperfectamente con 160 mecheros de gas, del modelo grande. En su lugar se han puesto seis focos eléctricos, alimentados cada uno por su máquina. Gracias á este número de luces, puede decirse que no hay sombras arrojadas en ninguna parte. Parece que las operarias están muy satisfechas del nuevo alumbrado, y que se fatigan ménos que con la luz del gas.

Hipódromo de Paris.—El alumbrado eléctrico del Hipódromo de Paris, es de los más notables que puedan verse, no sólo por la inmensa cantidad de luz de que dispone, sino porque en él se reunen los dos sistemas de alumbrado que ya conocen nuestros lectores: el de las bujías Jablochkoff y el de los reguladores, ó lámparas eléctricas. Oigamos á M. Fontaine, de donde tomamos muchos de los datos sobre instalaciones de luz eléctrica: «La sala es-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

»inmensa, y cuando está enteramente iluminada, su »aspecto es realmente mágico. Su forma es la de un rec»tángulo terminado por dos semicircunferencias. Cuatro »columnas de fundicion, distantes 36 metros en un sen»tido y 17 en el otro, son los solos puntos de apoyo colo»cados en el interior de tan vasta construccion. La lon»gitud total del edificio es de 105 metros: su ancho 70: »su altura 25. Caben en él 8,000 personas.

»La pista se ilumina por 20 reguladores provistos de re»flectores poderosos, y la sala por 60 bujías Jablochkoff. »Dos máquinas de vapor de 100 caballos cada una, ponen »en movimiento las máquinas Gramme. La fuerza real»mente absorbida por éstas no pasa de 140 caballos.

»Es digno de visitarse el local de las máquinas, porque »la disposicion adoptada ha sido objeto de un profundo »estudio. Dicho local comprende, además de los motores, »tres máquinas Gramme de corrientes alternativas, cada »una de las cuales alimenta veinte bujías, las excitatrices »de estas máquinas, y 21 máquinas Gramme del tipo »normal. De éstas, 20 alimentan los reguladores de la »pista, y una alumbra el local de que nos ocupamos.» La intensidad de la luz total producida es de 12,000 lámparas Carcel (12,000 mecheros de gas ordinarios). El gasto por *soirée*, es de 250 pesetas. El precio de la instalacion ha sido de 200,000 pesetas.

Talleres de los Sres. Carel en Gante.—Conveniente será que nuestros lectores conozcan el alumbrado de estos talleres y los datos que á ellos se refieren.

En este establecimiento no se han empleado las lámparas eléctricas ó reguladores que exigen cada uno su máquina Gramme, sino que se ha adoptado el sistema


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Jablochkoff que permite obtener seis focos eléctricos con una sola máquina Gramme distributriz, auxiliada por la excitatriz.

El taller de calderería, que tiene 90 metros de largo, está iluminado por cinco focos Jablochkoff. La forja, que tiene 18 metros de ancho por 29 de largo, tiene un solo foco eléctrico. Las seis luces están colocadas á 7 metros de altura y están desnudas, esto es, sin globos opalinos; en vez de éstos hay pantallas ó reflectores que reflejan hácia abajo la luz emitida hácia arriba, y la dispersan.

La máquina Gramme absorbe 10 caballos, y como hay seis luces, resulta que cada luz absorbe una fuerza de caballo y medio próximamente.

La máquina de vapor de los talleres Carel es del sistema Sulzer, sumamente económico; parece que no consume más de un kilógramo de carbon por caballo y hora. El gasto del alumbrado eléctrico en este establecimiento es por hora, el siguiente:

Combustible gastado por la máquina. . .	Pesetas.	0,10
Vigilancia y engrasado.	»	0,15
Carbones para las bujías Jablochkoff.. . .	»	2,25
Gasto total por hora.	»	2,50

Vemos, pues, que el alumbrado eléctrico de este establecimiento viene á costar por hora unos diez reales. Antes estaba alumbrado por 126 mecheros de gas, cuyo coste por hora era de 15 reales.



APLICACION DE LA LUZ ELÉCTRICA

AL ALUMBRADO DE LAS MINAS Y Á TODOS LOS GRANDES TRABAJOS EJECUTADOS DE NOCHE AL AIRE LIBRE.

Aplicacion á las minas.—Sabido es el peligro que ofrecen ciertas minas para los trabajadores. En algunas se desprende de las paredes, suelo y techo de las galerías un gas combustible, el cual, mezclado con el aire, forma una mezcla explosiva. En cuanto se pone en contacto con esta mezcla una llama, la explosion se produce, y su consecuencia suele ser la muerte de los trabajadores que se encuentran en el sitio de la explosion y el hundimiento de una parte de los trabajos subterráneos. El peligro que analizamos es bastante frecuente en las minas de carbon de piedra ó sea de hulla. No todas las capas de carbon, pero sí algunas, suelen desprender un gas que los mineros franceses llaman *grisou,* y que forma fácilmente la mezcla explosiva, si no tiene la mina una buena ventilacion.

Ahora bien, no siendo posible trabajar sin luz en las galerías, ni alumbrarlas con lámparas ordinarias de aceite ó petróleo, ni con ninguna otra llama, cuando en ellas existe un gas combustible, se ha procurado sortear el peligro de la explosion por medio de la lámpara de mineros inventada por Davy. Buena ha sido esta invencion, porque ha hecho más remoto, ya que no haya imposibilitado de un modo absoluto el peligro; pero tanto por



este último motivo, como por la escasa luz que da la referida lámpara, no puede decirse que el problema del alumbrado de las minas peligrosas haya sido satisfactoria y completamente resuelto.

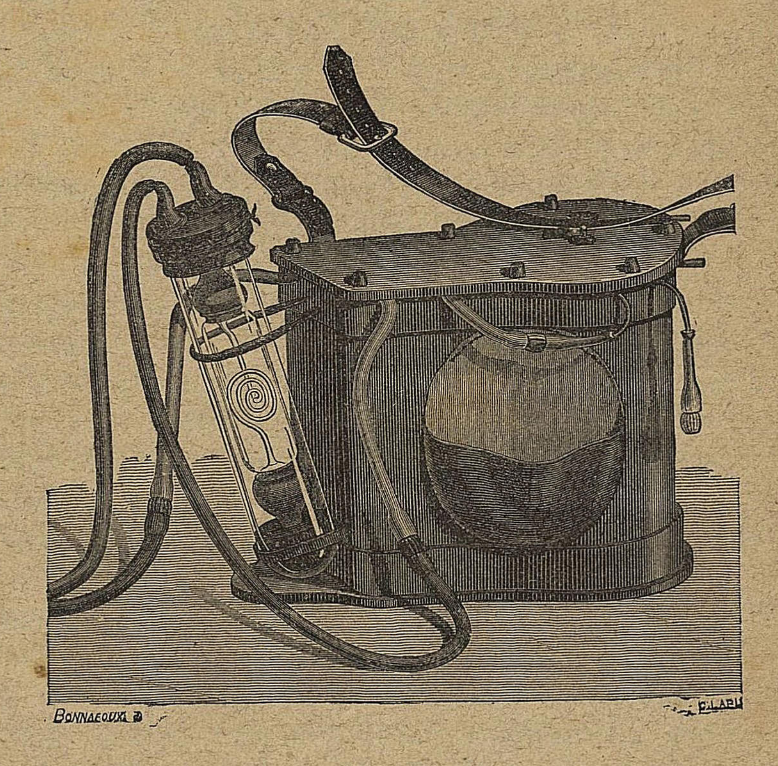


FIG. 14.—Aparato para el alumbrado de las minas.

En tal situacion, natural era que los físicos tratasen de ver si la electricidad podia prestarse á resolver el problema; y en efecto, la primera tentativa por este camino fué hecha en 1845 por Boussingault. Posterior-

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mente se hicieron otras por Dumas y Benoit sirviéndose del carrete Ruhmkorff, cuyas chispas de induccion estallaban sucesiva, pero rápidamente, en el interior de tubos de vidrio vacíos, como representa la figura 14. Todos estos medios que suponian el empleo de las pilas para engendrar la electricidad, empleo caro é incómodo, pueden reemplazarse hoy por los reguladores de la luz eléctrica como focos luminosos y por la máquina Gramme como generador. Mas como la luz eléctrica desnuda produciria la explosion de la mezcla gaseosa detonante de las minas, del mismo modo que lo haria una luz de aceite ó petróleo, de aquí la necesidad de encerrar los reguladores en globos ó vasijas de vidrio herméticamente cerradas, cosa posible con la luz eléctrica que no necesita para nada del aire, é imposible con las demás luces ordinarias que necesitan del aire para producirse. Una precaucion deberia tomarse, y es la de hacer el vacío en la vasija que contiene el foco eléctrico; porque si dejamos en ella el aire, podria éste, al dilatarse con el calor del arco voltáico, hacer estallar la vasija.

El sistema de las reflexiones sucesivas, ideado recientemente en California por los señores Molera y Cebrian, podria emplearse tambien para el alumbrado de las minas con más ventajas que ningun otro, bajo el punto de vista de la seguridad del minero. En verdad que ésta seria la aplicacion más fácil del sistema y la más realizable. De todas las demás de que hablan los autores nos ocuparemos en otra ocasion, y cuando tengamos datos fijos y resultados prácticos que permitan formar juicio exacto de la posibilidad de realizarlas de un modo completamente satisfactorio.


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Tanto empleando el primer sistema como empleando el de los señores Molera y Cebrian, el alumbrado de las mismas exigiria:

1.° La fuerza motriz, ordinariamente el vapor.

2.° La máquina dinamo-eléctrica (de Gramme ú otra).

3.° El regulador eléctrico, ó el foco eléctrico.

En uno y otro sistema, el motor y la máquina dinamo-eléctrica pueden estar fuera de la mina, sobre la superficie terrestre.

En el primero, el foco eléctrico se colocará dentro de la mina en el sitio que debe iluminarse; y entre el foco eléctrico y la máquina generatriz de la electricidad se establecerán los dos conductores metálicos aislados.

En el segundo, el regulador eléctrico puede estar tambien fuera de la mina, á la entrada de un pozo ó galería; y por medio de reflexiones sucesivas hechas en los cambios de direccion de las galerías y de los pozos, se conducirá la luz hasta el sitio que debe ser iluminado.

Aplicacion á los grandes trabajos ejecutados durante la noche.—En estos es donde por primera vez se utilizó industrialmente la luz eléctrica. Siempre que se hagan trabajos ú operaciones importantes al aire libre, donde haya un gran número de operarios, y donde no se puede ó no conviene descansar de noche, se podrá instalar útilmente el alumbrado eléctrico. Así se ha hecho en las obras del puente de *Notre-Dame* en Paris, en las de los *docks Napoleon*, en la reconstruccion del Louvre, en las obras del puente de Kehl, y en las obras para ensanchar el ante-puerto del Havre.

En todos estos casos, ménos en el último, se hizo uso de las pilas, porque aun no eran conocidas las máquinas


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

dinamo-eléctricas. Éstas se han empleado por primera

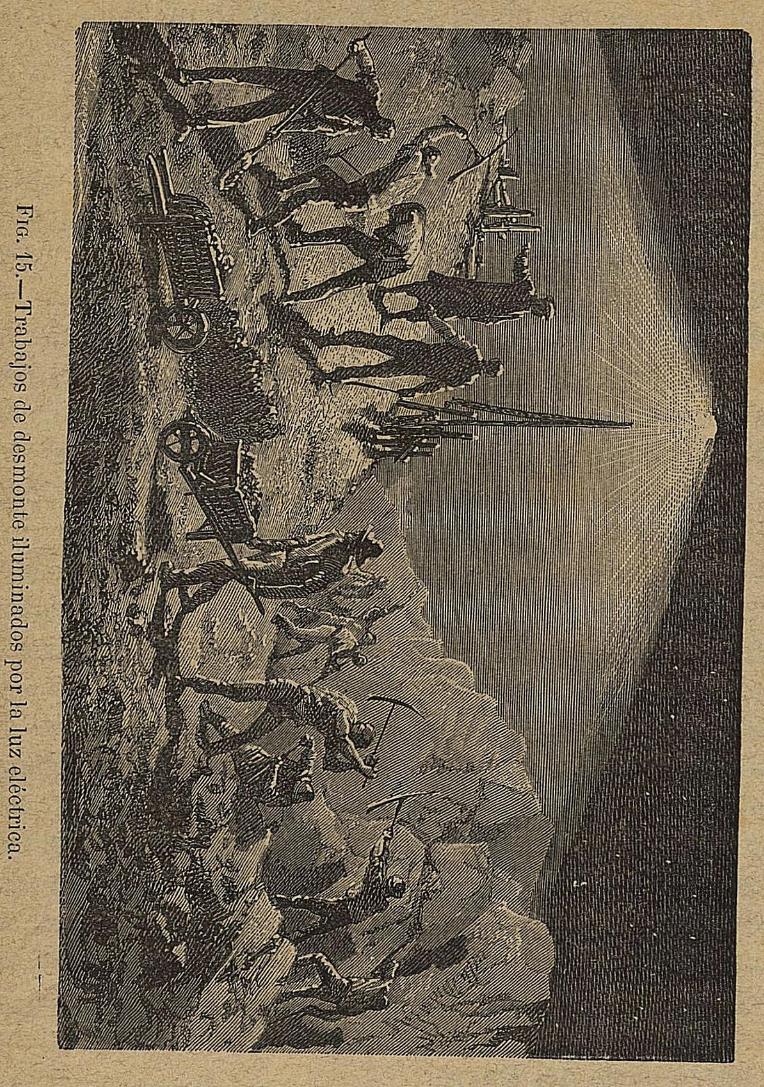


Fig. 15.—Trabajos de desmonte iluminados por la luz eléctrica.

vez en el ante-puerto del Havre. Los trabajos consistian en la demolicion de obras antiguas, hinca de pilotes, y

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

construcciones bajo el agua. Era muy conveniente utilizar la baja-mar aprovechando la noche. Para ello M. Chéron, director de la empresa, dispuso la colocacion de dos máquinas Gramme. Al visitar detalladamente las obras en una noche oscurísima, dice M. Fontaine, hemos notado que los operarios podian desempeñar sus tareas hasta la distancia de 120 metros de las lámparas eléctricas. Los mineros perforaban el muro viejo á 115 metros de la luz más cercana y hacian la misma faena que si trabajasen de dia. Veíase circular una locomotora arrastrando diez vagones sobre una vía de 1500 metros, llevando materiales al pié de la obra y trasportando el desmonte á los sitios designados. Una escuadra de peones clavaba pilotes con una machina al vapor. Los albañiles, los carpinteros, los que arrancaban y trasportaban la tierra, etc., ejecutaban sus trabajos. Más de 150 hombres, en un espacio de 30,000 metros cuadrados, trabajaban sin otra luz que la producida por dos máquinas Gramme.

Los focos eléctricos, colocados en linternas á 15 metros de elevacion, permitian leer un diario á la distancia de 115 metros. Cada foco ó lámpara daba una luz equivalente á la de 500 mecheros Carcel, ó sea á 500 mecheros de gas del alumbrado público de Barcelona. La figura señalada con el número 15, dará á nuestros lectores una idea del aspecto de las obras de desmonte iluminadas por la luz eléctrica.

La luz debe colocarse á gran altura, y debe tener un reflector que envie hácia la tierra todos los rayos emitidos hácia arriba, los cuales, sin el reflector, serian perdidos.

Aplicacion á los faros.—Las luces de los primitivos



faros eran producidas por lámparas de Argant ordinarias, provistas de reflectores parabólicos. Fresnel y Arago

Fig. 16.—Faro de fanal giratorio.

hicieron un poderoso progreso en el alumbrado de los faros inventando las mechas múltiples concéntricas, con



la circulacion contínua de aceite ideada por Carcel; y Fresnel pareció que habia tocado ya los límites de lo perfecto al reemplazar la reflexion de la luz por la refraccion, los espejos por las lentes de vidrio. La dificultad de construir las lentes de enormes dimensiones que necesitan los faros, la salvó el ingenio de Fresnel haciéndolas de muchos pequeños trozos; y con ello consiguió además tres ventajas: 1.ª la de poder tener superficies más perfectas; 2.ª la de tener lentes de poco espesor y por lo tanto que absorben poca luz; 3.ª la de combinar las superficies de los diferentes fragmentos de una lente de tal modo que desaparezca la aberracion de esfericidad. Las lentes de Fresnel, tambien llamadas *de escalones*, consisten en una pequeña lente central de vidrio y una série de anillos lenticulares, tambien de vidrio, de diámetros crecientes, que se sobreponen por órden de magnitud, envolviendo el más pequeño la lente central, el segundo al primero, el tercero al segundo, y así los otros, hasta que la lente total alcanza el diámetro que exige la importancia del faro. Cada anillo está compuesto de varios trozos. Sabido es que la luz de un faro, como la que un foco luminoso cualquiera emite, forma rayos divergentes, esto es, rayos que se separan tanto más cuanto mayor es la distancia á que los consideramos del foco de donde proceden. Así es que la intensidad de la luz disminuye con esa distancia, y fácilmente se demuestra que está en razon inversa del cuadrado de ella. Si representamos por 100 la intensidad con que ilumina una luz á la distancia de un metro, resulta que á la distancia de dos metros sólo tendrá por intensidad la cuarta parte de 100, y á la distancia de tres



metros sólo alumbrará con la novena parte de 100.

Pero si logramos hacer que los rayos divergentes que emite la luz de un faro se tornen paralelos entre sí, entónces la pérdida de la luz con la distancia, pérdida ocasionada por la divergencia de los rayos, no existirá, y la luz será lo mismo á una legua que á diez.

Tal es el objeto de las lentes en los faros: mas nunca podremos conseguir en la práctica que los rayos sean paralelos, tanto porque las lentes no pueden ser matemáticamente perfectas, como porque el foco luminoso no puede reducirse á un punto matemático. De aquí que las lentes de los faros envien hácia el horizonte no un haz de rayos paralelos, sino un cono de poca divergencia, de poco ángulo, de 7 á 8 grados. Con esto habremos conseguido, ya que no resolver el ideal, acercarnos á él; ya que no hacer indiferente la distancia, al ménos atenuar mucho la influencia de ella.

Otra causa existe tambien para impedir que una luz sea vista á gran distancia, y es que la atmósfera no tiene una trasparencia perfecta. Esta causa varía mucho de valor de un dia á otro y toma grandísimas proporciones los dias de niebla.

Teniendo por objeto los faros el mostrar á los navegantes una señal que les indique con precision el punto de la costa en que se encuentran, claro es que la luz destinada á este fin debe estar colocada á bastante altura para que la esfericidad del mar no sea causa que impida la vision.

Divídense los faros en giratorios y fijos. Consisten los primeros en una caja ó prisma de varias caras verticales rectangulares, formadas por lentes en escalones. El techo y suelo de esta caja están casi en su totalidad for-



mados por una série de espejos. Una gran máquina de relojería comunica un movimiento uniforme de rotacion á la caja alrededor de su eje. El centro de la caja lo ocupa la luz de la lámpara. Toda la caja ó linterna vá situada en lo alto de la torre del faro, y encerrada entre cristales de ocho á diez milímetros de espesor para poder resistir á los grandes vientos de las costas y aun á los golpes de aves nocturnas que á veces se precipitan sobre la luz. Esta especie de mirador de cristales que contiene la linterna, sostiene un techo de hierro ligero pero resistente.

Supongamos que la linterna ó fanal contiene ocho caras verticales, ó sean ocho lentes en escalones. El fanal proyectará ocho conos de luz poco divergentes y horizontales; y al girar alrededor de su eje, estos conos luminosos irán barriendo la superficie del mar. Entre uno y otro cono habrá un espacio angular completamente oscuro. Un navegante no podrá ver el faro más que cuando su barco se encuentre en uno de los conos de la luz citados. En los espacios intermedios tendrá un *eclipse*. Si como hemos supuesto ántes, el fanal lleva espejos arriba y abajo para aprovechar la luz que sin ellos se perderia hácia el cielo y hácia la tierra, entónces esta luz se dirige tambien horizontalmente; y en este caso desaparecen los ocho espacios oscuros ó eclipses, los cuales quedan iluminados, mas nunca como los ocho conos de las lentes.

Con tal disposicion, el navegante estará viendo siempre la luz del faro, pero durante el tiempo que tarda éste en dar una vuelta completa, lo verá brillar ocho veces con mucha fuerza: verá ocho *destellos*.

En los faros fijos el fanal está formado por un tambor



cilíndrico de lentes en escalones. Para concebir esta disposicion no hay más que imaginarse que el mismo fanal prismático ántes descrito adquiere un número grandísimo de caras: entónces el prisma se convierte sensiblemente en cilindro. El techo y suelo del fanal está formado de espejos destinados á dirigir horizontalmente en todos sentidos los rayos que caen sobre ellos. Alguna vez, en fanales pequeños, en vez de los espejos anulares del techo y suelo, se emplean tambien anillos de vidrios que producen el mismo efecto que los espejos, pero haciendo sufrir á los rayos lo que se llama *la reflexion* total. La luz vá colocada, como siempre, en el centro del fanal. Éste, como se comprenderá por la explicacion que acabamos de hacer, emite horizontalmente en todos sentidos la luz que la lámpara produce. No tendrá eclipses. Si se quiere que presente destellos no hay más que hacer pasear por delante del fanal una gran lente que gire con movimiento uniforme alrededor del eje del fanal. La lente recogerá un haz cónico de rayos horizontales divergentes, y lo convertirá, no en un haz de rayos paralelos, porque ya hemos visto que esto no es posible, pero sí en un haz cónico poco divergente. Cada vez que la lente, en su movimiento de rotacion, se interponga entre el fanal y el ojo del navegante, éste verá la luz del faro con mayor intensidad que lo ordinario; verá *un destello:* en este preciso momento el navegante se encontrará metido en el cono de luz emitido por la lente.

La figura 16 representa un fanal giratorio formado de ocho lentes en escalones, y la parte superior de la torre de un faro. Su luz será contínua, pero tendrá ocho des-



tellos durante cada revolucion. Para que un navegante pueda distinguir un faro de los próximos que haya en la costa, sirve el número de destellos que hace el faro por minuto. Si se quisiera tener más señales podria recurrirse á los vidrios de colores y el faro podria ofrecer destellos coloreados todos, ó alternando con destellos de luz natural. La figura muestra tambien la armazon acristalada que recubre el fanal, el techo ó cubierta del faro y la máquina de relojería.

Acabamos de ver que para que las lentes de Fresnel envien al horizonte conos de luz muy poco divergentes, y por lo tanto de gran intensidad, conviene que la luz del faro sea muy viva, muy intensa y que sea *lo más pequeña posible.* Ahora bien, la luz eléctrica parece creada precisamente para los faros: sus inconvenientes ordinarios que arrancan de presentar poco volúmen y una intensidad deslumbradora comparable á la del sol, se convierten en este caso en inapreciables ventajas. Ninguna otra luz puede competir en los grandes faros con la luz eléctrica. Desde que en el año de 1863 se estableció el primer faro, el de la Hève, alumbrado por la luz eléctrica producida por una máquina electro-magnética movida por el vapor, la mayor parte de los faros de Francia, de Inglaterra y de Rusia han adoptado el nuevo sistema. En los faros eléctricos el centro del fanal lo ocupa la luz eléctrica ó sea el arco voltáico que se forma entre las dos puntas de los carbones de *un regulador.* Varios son los reguladores que pueden emplearse y que tambien se llaman lámparas eléctricas. Uno de los más empleados y que á su tiempo describiremos, es el *regulador Serrin.*



La figura n.° 17 representa un fanal provisto de este regulador. Cada fanal debe tener un regulador montado y dispuesto á funcionar además del que esté funcionando, para poder sustituir á éste en el caso de que la luz

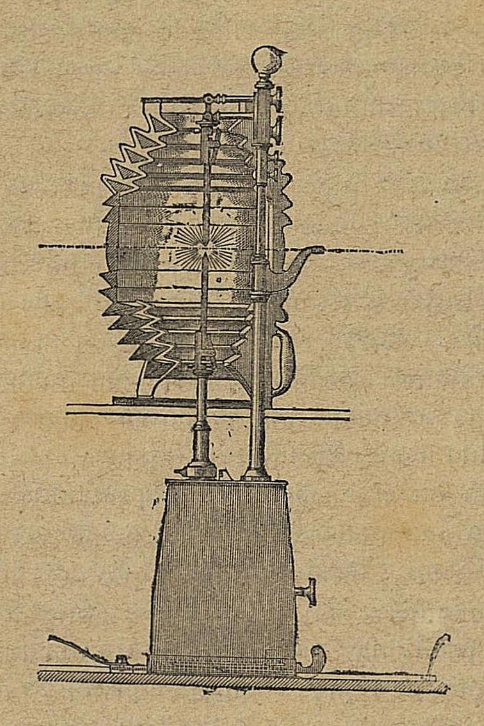


Fig. 17.—Fanal fijo de un faro alumbrado con la luz eléctrica.

se apagase. Las cosas están de tal modo dispuestas, que el acto de sacar el regulador apagado y sustituir el otro en el fanal se hace en dos ó tres segundos. Al meter el nuevo regulador y colocarlo en su sitio, se establecen por sí mismas las comunicaciones ó contactos con los


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

polos de la máquina generatriz del flúido eléctrico, y entónces la luz brota expontáneamente entre los carbones. Éstos tienen siete milímetros de diámetro y 27 centímetros de largo. Cada carbon se consume á razon de cinco centímetros por hora, al ménos con las máquinas de corrientes alternativas. Parece que el carbon de arriba, segun afirma Du Moncel, se consume un poquito más de prisa que el de abajo, y como es de la mayor importancia que el foco luminoso ó sea el arco voltáico esté siempre en el centro del fanal, el guarda del faro debe estar siempre á la mira para corregir las variaciones. Hay medios fáciles para que pueda notar una variacion de un milímetro. Para ello, por medio de una pequeña lente ordinaria se proyecta sobre la pared la imágen de los dos carbones entre cuyas puntas está el foco. Una raya hecha horizontalmente en la pared le marca al guarda la línea que siempre debe estar entre las imágenes de las puntas. La máquina generatriz del flúido eléctrico debe ser doble, para el caso en que se inutilice la que funciona. Estas máquinas, así como las de vapor que las ponen en movimiento, están colocadas en la parte baja de la torre del faro. Los conductores que llevan hasta el regulador el flúido eléctrico son cables bien aislados.

Los siguientes datos sobre instalacion de faros eléctricos son de los conocidos fabricantes franceses Sautter y Lemonnier.

Cuando se trata de un faro de luz fija, el fanal lenticular es un tambor cilíndrico que reduce á un plano horizontal todos los rayos inclinados. Las dimensiones de este tambor varían segun las máquinas. Para las de


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Gramme del tipo normal, se emplean fanales cilíndricos de medio metro de diámetro. Para máquinas más poderosas es conveniente aumentar el diámetro del fanal para que no peligren los vidrios por consecuencia del calor. Para máquinas de 2,000 mecheros el diámetro del fanal será de $0^{m},75$. Para máquinas de 4,000 mecheros será de un metro.

Cuando el faro ha de ser giratorio se envuelve el fanal de luz fija con un tambor móvil formado de lentes planas verticales.

La intensidad luminosa de un faro eléctrico de pequeñas dimensiones es superior á la de los más potentes faros de aceite, segun los fabricantes citados, que apoyan su aserto con los datos siguientes:

La intensidad luminosa de un faro de primer órden de luz fija con lámpara de aceite de seis mechas equivale á 1,105 mecheros Carcel. La intensidad luminosa del haz que sale por una cara que abarca 45 grados del faro de primer órden citado, pero giratorio, equivale á 9,847 mecheros Carcel. La divergencia del haz que sale por dicha cara del fanal es de cerca de 8 grados y la duracion del destello es la sexta parte de la del eclipse.

Ahora bien: la luz eléctrica del pequeño modelo de Gramme, en un fanal de medio metro de diámetro equivale á 20,000 mecheros Carcel. Y esta misma luz concentrada por medio de las lentes rectas móviles en haces angulares de una divergencia tal que los destellos igualen en duracion á los eclipses, equivaldrá á 40,000 mecheros Carcel.

Con una máquina Gramme de más potencia se puede obtener una luz de 60 á 100,000 mecheros de luz fija,


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

y de 120,000 á 200,000 mecheros para los destellos.

Con el gran modelo, esos números pueden elevarse á 80,000 ó 160,000 mecheros (segun que la máquina funcione en tension ó en cantidad) para la luz fija; y de 160,000 á 320,000 mecheros para los destellos.

Nótese tambien que disponiendo de luces tan intensas y tan pequeñas en volúmen no se necesita concentrar tanto los haces y se pueden hacer los destellos tan largos en duracion como los eclipses, ventaja que no tienen los faros de aceite.

Concluiremos este asunto con las siguientes consideraciones de M. Guinette de Rochemont, ingeniero de caminos en Francia, acerca de los faros eléctricos de la Hève: «Los seis años que llevan de existencia los faros »de la Hève, constituyen tiempo bastante para que po»damos formar un juicio exacto acerca del valor de la »luz eléctrica aplicada al alumbrado de las costas. Los »navegantes se complacen en reconocer los buenos ser»vicios de los faros eléctricos; las ventajas del nuevo »sistema son vivamente apreciadas; el alcance de la luz »ha aumentado sensiblemente, sobre todo en tiempos »nebulosos, y ha permitido á muchos buques continuar »su camino y entrar de noche en el puerto, cosa que »no hubieran podido hacer con los antiguos faros de »aceite.

»La luz, que al principio dejaba algo que desear por »su movilidad, ha llegado poco á poco á tener notable »fijeza, gracias á los perfeccionamientos de los aparatos »y á la experiencia que han adquirido los guardas. Los »temores que inspiraba *á priori* el nuevo sistema se han »desvanecido. Los accidentes han sido rarísimos y de



»pronto y fácil reparo. En seis años no ha habido más »que dos de notable duracion.»

Segun M. Le Roux, parece que la unidad de luz en un faro eléctrico cuesta siete veces ménos que en un faro de aceite. Con respecto al alcance, en el estado natural de la atmósfera, una máquina de la *Alianza* de cuatro discos, da una luz visible á 38 kilómetros, y una de seis á 50.

Hay un punto en que se nota una lamentable discordancia entre los que han escrito sobre esta materia.

Segun M. Fontaine, un faro eléctrico se ve á 8 kilómetros más léjos que un faro de aceite, en tiempo natural, y en tiempo de niebla tiene el faro eléctrico un alcance doble que el del aceite. Segun dice M. Du Moncel, en tiempo de niebla el faro eléctrico no alumbra á mayor distancia que el faro de aceite. Segun M. Guinette de Rochemont, el faro eléctrico tiene un alcance sensiblemente superior al de aceite, sobre todo en tiempo brumoso.

APLICACION DE LA LUZ ELÉCTRIGA Á LOS BUQUES.

Hace ya muchos años que se hicieron los primeros ensayos de la luz eléctrica en la marina con las máquinas magneto-eléctricas de la compañía *La Alianza*. El buque francés *Jerôme Napoleon* fué el primero en que se colocó una máquina eléctrica con un proyectador destinado á dirigir la luz sobre el horizonte. La fama de esta nueva aplicacion y el entusiasmo que despertó fueron causa de que, sin dar tiempo al estudio, se hicie-



sen precipitadamente otras instalaciones á bordo de los buques *Saint-Laurent, Fortfait, d'Estrée*, *l'Heroine, Coligny* y *La France*. El resultado ha sido el abandono de los aparatos al cabo de poco tiempo. ¿En qué ha consistido esto? ¿Qué inconvenientes descubrió la experiencia en la nueva aplicacion? ¿Acaso la luz eléctrica no puede prestar á bordo grandes servicios que compensen los gastos? Si en esos primeros ensayos se ha tropezado con inconvenientes, ¿son éstos de tal naturaleza que no puedan anularse ó al ménos disminuirse?

Las causas del mal éxito de los primeros ensayos deben atribuirse al espíritu de rutina que sistemáticamente se opone á toda innovacion, sobre todo cuando encuentra un punto sólido de apoyo en los inconvenientes que se presentan; al revés del espíritu de progreso y de adelanto que pugna entónces por vencer esos inconvenientes, y no cede hasta convencerse de que lucha con dificultades insuperables. Las que se presentaron no pueden calificarse como tales, y consistieron, en primer lugar, en que la luz eléctrica forma como una especie de nube blanca que fatiga la vista y dificulta las observaciones de á bordo: en segundo lugar, en que la luz eléctrica, por su gran intensidad, hace invisibles las luces reglamentarias verde y roja: en tercer lugar, en que los barcos, cerca de las costas, pueden equivocarse tomando la luz de otro buque por la de un faro: en cuarto lugar, en que el fanal eléctrico, la máquina de luz, la máquina motriz y su caldera constituian un material embarazoso á bordo que exigia cuidados contínuos, que ocupaba bastante espacio y que costaba mucho con relacion á las ventajas que podia proporcionar.

Todos estos inconvenientes tenian un verdadero fundamento; pero la invencion de la máquina Gramme, por un lado, el perfeccionamiento de los reguladores eléctricos por otro, y los estudios y ensayos hechos en estos últimos años han disminuido mucho aquellos inconvenientes, y han colocado la cuestion en mejor terreno, haciendo más aceptable á los marinos el uso de la luz eléctrica que ántes repugnaban en absoluto. Veremos si las recientes aplicaciones que se han hecho en mejores condiciones logran aclimatarse en los buques, y si la luz eléctrica se apodera definitivamente de los mares, ó si ha de retirarse de ellos por segunda vez hasta presentarse provista de mejores armas.

Los servicios que puede prestar la luz eléctrica á bordo de la marina mercante y de la de guerra, son de indudable importancia. El mayor, en nuestra opinion, aunque incompetente, es el de evitar el choque de dos buques. Los marinos, habituados á la eventualidad de un peligro, que consideran remotísimo, concluyen por no preocuparse con él, hasta que la repeticion de las catástrofes les llama poderosamente la atencion; pero los que no están familiarizados con la idea de ese peligro constante y amenazador, le conceden todo el valor que le da la razon serena, y comprenden que todos los gastos, sacrificios é incomodidades que produzca la luz eléctrica, pueden darse por bien empleados, si ponen al buque á cubierto de un choque con otro. En una palabra: ningun sacrificio, siquiera sea contínuo, nos parecerá excesivo, si garantiza la vida de los tripulantes y pasajeros contra el peligro del abordaje. Semejante ventaja no es de las que se pesan y se miden, sino de las que deben imponerse.


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Los otros servicios que presta á bordo la luz eléctrica, pueden pesarse y medirse, esto es, compararse con el sacrificio que imponen, y por esto los consideramos como de segunda importancia: tales son, el permitir entrar en los puertos de noche, con la misma facilidad que de dia; el poder alumbrar durante la noche las faenas de carga y descarga, y la carga de carbon para la máquina.

En los buques de guerra sirve para ver al buque enemigo ántes de que se aproxime: para evitar el que silenciosamente, y aprovechando la oscuridad de la noche, se acerque una lancha-torpedo para echar el barco á pique, lanzando su terrible y traidora arma: para cambiar entre sí señales, y trasmitirse órdenes los buques de una escuadra.

La primera instalacion de la luz eléctrica que se ha hecho en estos últimos tiempos, aprovechándose ya de los perfeccionamientos obtenidos despues de los primeros desgraciados ensayos, fué á bordo del vapor francés *La América,* de la compañía general trasatlántica. El material se componia de una máquina motriz de vapor de tres cilindros, sistema Brotherhood, una máquina de Gramme, un regulador eléctrico sistema Serrin, un fanal de vidrios prismáticos que envia la luz al horizonte bajo un ángulo de 225 grados, y los conductores necesarios para llevar electricidad desde los polos de la máquina eléctrica á los carbones del regulador. Estos conductores tenian 40 metros de largo cada uno. El aparato de la luz estaba suspendido á *la Cardan*, como lo están las cajas de las brújulas en todos los barcos.

Podian encenderse dos lámparas á la vez, ó bien una



de ellas, por medio de un conmutador colocado en la mesa del camarote del capitan.

La máquina eléctrica era de una potencia de doscientos mecheros Carcel y pesaba 200 kilógramos. Daba 850 vueltas por minuto, que era la velocidad de la máquina motriz. El eje de ésta embragaba directamente con el de aquella. En general, la luz del fanal no brilla constantemente, esto es, no es fija; brilla durante 20 segundos de tiempo, y se apaga durante 100 segundos: los eclipses son, pues, cinco veces más largos que los destellos. Este resultado se consigue por medio de un mecanismo movido por la misma máquina, el cual hace pasar durante 20 segundos la corriente por el regulador eléctrico, y durante 100 segundos por un conductor, cuya resistencia es la misma que la del arco voltáico.

Al brillar la luz se ilumina el horizonte en una extension de 225 grados delante del barco, quedando éste á la sombra. Para que sea visto de léjos por los otros buques sin que puedan confundirlo con un faro, M. Pouzolz ha colocado en lo alto de la lámpara un reflector cónico que envia una parte de la luz hácia las vergas y mástiles, de modo que éstos puedan ser vistos de léjos. Segun el informe dado por M. Pouzolz, la luz en destellos cortos no fatiga la vista del oficial de guardia, ni de los empleados del buque que llenan de noche sus funciones sobre cubierta; además el fanal eléctrico, en esas condiciones, no puede estorbar el que sean vistos los fuegos de costado verde y rojo. El foco luminoso se colocó á 10 metros por encima del nivel del mar, y así puede ser visto á 10 millas por otro barco.

Despues de la instalacion á bordo de *La América* que

FUNDACION JUANELO TURRIANO

acabamos de reseñar, se han hecho muchas otras en buques de todas nacionalidades, inclusa la española. Ci-

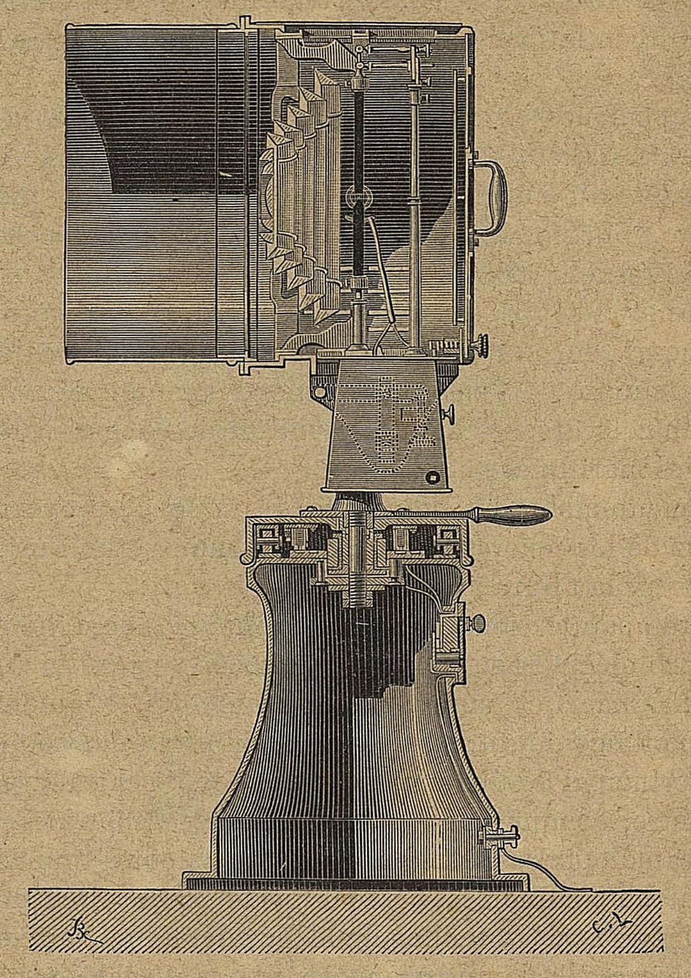


Fig. 18.—Proyectador de la luz eléctrica para los buques.

taremos entre otras, la del *Livadia* y *Pedro el Grande*, de la marina rusa, la del *Richelieu* y del *Suffren*, de la

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

marina francesa, y la de la *Numancia* y la *Victoria*, llevadas á cabo por el Sr. Dalmau.

En el *Livadia* se colocó una luz de 500 mecheros Carcel, con la cual pueden verse las costas á tres kilómetros.

Ocupémonos ahora del fanal proyectador de la luz eléctrica. En el *Jerôme Napoleon*, el proyectador se componia de un reflector parabólico, en cuyo foco brillaba el arco voltáico. La boca del reflector se cerraba con una lente Fresnel. Todo el aparato iba montado en una cámara móvil sobre un pivote, la cual, por medio de una palanca y de una placa giratoria permitia orientar el haz luminoso en todas direcciones. Delante de la lente podian colocarse y cambiarse vidrios de colores para las señales marítimas.

Recientemente ha empezado á usarse el proyectador de luz de los señores Sautter y Lemonnier, que representamos en la figura número 18.

Este aparato tiene por objeto reunir la luz divergente del foco eléctrico en un haz cilíndrico, y permitir dirigir este haz hácia el punto del horizonte que se quiera. El arco voltáico de un regulador Serrin está colocado en el foco principal de una lente Fresnel de 60 centímetros de diámetro, compuesta de tres elementos dióptricos y de seis catadióptricos. El regulador y la lente van dentro de un tubo cilíndrico, el cual puede girar alrededor de un eje vertical y oscilar alrededor de un eje horizontal. Al colocarse la lámpara en su sitio, se establecen por sí mismas las comunicaciones entre ella y los polos de la máquina Gramme.

La figura 19 representa el proyectador de la luz eléc-



trica construido por Siemens. Lleva la lente Fresnel, un reflector parabólico, y un apéndice para que el vigilante pueda reglar exactamente la posicion del arco voltáico.

Tambien se han construido aparatos proyectadores de

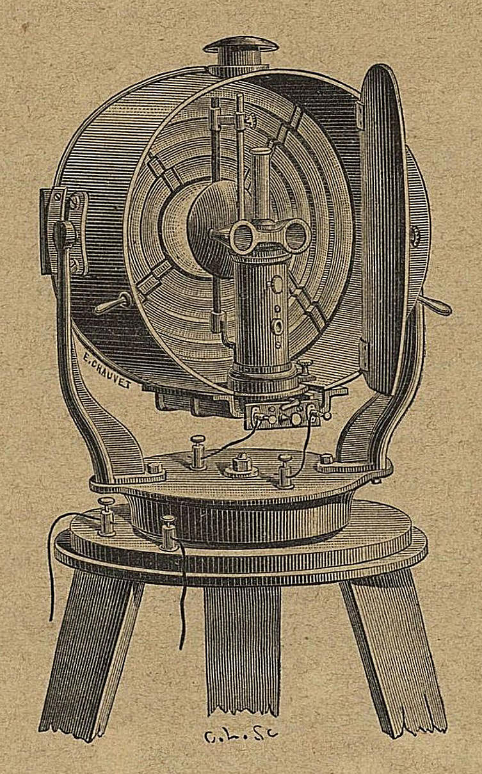


Fig. 19.—Proyectador de la luz eléctrica, de Mr. Siemens, para la marina.

poca fuerza para colocarlos instantáneamente sobre una lancha y salir en descubierta. La máquina Gramme puede ser movida á brazo con la fuerza de cuatro hombres, y la luz que produce tiene una intensidad de 50

mecheros Carcel. El proyectador se fija en la proa de la lancha, y su caja puede girar alrededor de dos ejes, uno horizontal y otro vertical, con lo cual puede dirigirse el haz luminoso en la direccion que se desee. Esos proyectadores portátiles no tienen más que un reflector parabólico.

APLICACION DE LA LUZ ELÉCTRICA
AL ARTE MILITAR.

La luz eléctrica, segun opinion de militares competentes, y de M. Martin de Brettes, que empezó á estudiar este asunto y á tratar de él ántes que nadie, puede prestar á la milicia grandísimos servicios en la guerra de campaña, en el ataque y defensa de las plazas del interior, en las costas, en la defensa de la entrada de los puertos y de los pasos que á éstos conducen, y para las señales destinadas á trasmitir órdenes.

Con la luz eléctrica, cuya intensidad es tan grande, y que puede producirse y apagarse con facilidad suma, se puede crear un sistema de señales y constituir con ellas una clave para trasmitir órdenes. Si se quiere gran número de señales, se pueden agregar vidrios de colores para cambiar el de la luz.

En el sitio de una plaza puede servir á los sitiadores la luz para iluminar y reconocer de noche á distancia una fortificacion, para disminuir el blanco de los disparos de la artillería y para iluminar la brecha en el momento del asalto.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Los sitiados pueden utilizar la luz eléctrica para descubrir los movimientos nocturnos de los sitiadores, para sorprender los trabajos de trinchera y para batirlos con éxito durante la noche.

En la guerra de campaña puede servir para evitar una sorpresa del enemigo durante la noche, para iluminar un campamento, para alumbrar los trabajos de los ingenieros, echar un puente, hacer una marcha, etc.

En los fuertes para la defensa de las costas y de los puertos, puede servir para iluminar el mar y percibir la aproximacion de un buque ó escuadra enemiga, ó de un torpedo, y poder hacer puntería y romper el fuego; para hacer saltar los torpedos de defensa cuando el buque enemigo se encuentre cerca de ellos; finalmente, para comunicar por señales durante la noche con otros fuertes.

En la defensa de fuertes y plazas, la máquina eléctrica de Gramme y la máquina motriz pueden ser fijas, y puede ser móvil la lámpara eléctrica, la cual debe ir provista de su aparato proyectador de luz, yendo todo esto en un pequeño carro. Éste podrá separarse hasta mil metros de la máquina, á la cual estará siempre ligada por conductores aislados.

Para los ejércitos en movimiento y para los sitios de plazas, es necesario que todo el material eléctrico vaya montado en un carro con su tiro, siendo trasportado lo mismo que los cañones, y de tal modo, que pueda funcionar sobre el mismo carro.

El material empleado por el gobierno francés para un cuerpo de ejército, se compone de un carro en el cual vá montado: 1.° la máquina motriz de vapor sistema


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Brotherhood, de tres cilindros y de ocho caballos de fuerza, provista de su caldera del sistema *Field*, con una corta chimenea; 2.º de una máquina eléctrica de Gramme de electro-imanes planos que puede funcionar á voluntad en tension ó en cantidad: en tension, produce una luz de 2,000 mecheros Carcel con una velocidad de 500 vueltas por minuto; en cantidad, produce una luz de 4,000 mecheros con una velocidad de 300 vueltas por minuto.

Sobre un carrito que puede trasportarse á brazo, vá montada la lámpara ó regulador eléctrico, provisto del aparato proyectante inventado por el coronel Mangin. Este pequeño carro puede separarse del grande y evolucionar en todos sentidos hasta la distancia de unos mil metros: así los tiros del enemigo se dirigirán sobre la luz y no sobre el material del carro grande que habrá quedado léjos y á la sombra. Claro está que al evolucionar el carro pequeño, quedarán establecidas las comunicaciones eléctricas con la máquina Gramme, por medio de dos hilos conductores aislados. Para llevar la luz eléctrica á gran distancia de la máquina generatriz, será necesario acoplar los carretes de ésta en tension, y aun así, siempre se tendrá una pérdida de luz que será tanto mayor cuanta mayor sea la distancia. La figura número 20 representa el carro grande con la caldera, la máquina motriz y la de Gramme.

El proyectador de la luz de M. Mangin, se compone de un espejo de vidrio cóncavo convexo de superficies esféricas de radios distintos. Este espejo tiene noventa centímetros de diámetro: entre él y el foco hay una lente cóncavo-convexa, cuya concavidad está del lado

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

del foco. El haz luminoso que envia al horizonte el proyectador de M. Mangin, no tiene más que una divergencia de dos grados y medio: esta divergencia puede aumentarse á voluntad para iluminar un campo mayor,

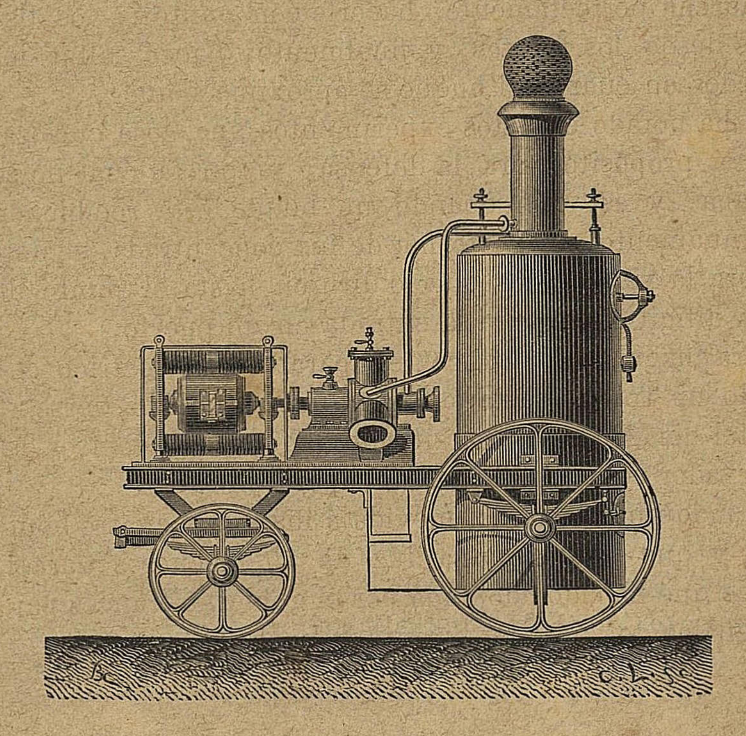


Fig. 20.—Locomóvil con máquina Gramme para el ejército.

por medio de un tornillo que hace variar la posicion del foco. Esta facultad de poder concentrar la luz sobre un pequeño espacio ó de extenderla á uno grande, tiene su importancia.

En Francia, en Prusia y en Alemania se ha aplicado ya la luz eléctrica á la defensa de los puertos.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

En el de Tolon hay un paso, el de *la Caraque*, de 1,800 metros de ancho, defendido por 12 torpedos, cuya posicion está señalada por doce boyas rojas. Segun los experimentos que se han llevado á cabo, se puede ver un buque á más de tres kilómetros de distancia, seguir su marcha perfectamente, hacerle con puntería los disparos desde los fuertes, y finalmente, hacer saltar los torpedos en cuanto el buque se aproxime á uno.

Se ha notado en estos experimentos una cosa curiosa, muy á propósito para la defensa, y con la cual no se contaba, y es, que cuando un buque está recibiendo contínuamente un fuerte haz de luz concentrada, se deslumbra la vista de los que lo dirigen hasta el punto de hacer difícil é insegura la entrada en un puerto.

Para juzgar del alcance del aparato foto-eléctrico colocado en Tolon, bastará decir que ha podido verse el cuartel del *Mont-Faron*, situado á nueve kilómetros del observador colocado al lado del aparato.

La máquina Gramme, movida á mano por cuatro hombres, y que produce una luz de 50 mecheros Carcel, parece que ha sido adoptada por el gobierno francés para las señales del ejército durante la noche.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

APLICACION DE LA LUZ ELÉCTRICA A LOS TRENES DE LOS FERRO-CARRILES.

Esta aplicacion no ha pasado aun del terreno del ensayo; pero éste ha dado resultados tan satisfactorios que no es imposible que la veamos pronto en el terreno de la práctica. Segun el proyecto de M. Girouard podria instalarse en el tender una pequeña máquina de vapor alimentada por la caldera de la locomotora por medio de un tubo colocado al efecto. La maquinita serviria de motor á una máquina Gramme situada en el tender, y encerrada en una caja por tenerla á cubierto del polvo y del agua. Del generador Gramme irian los dos hilos conductores á buscar la lámpara eléctrica, la cual deberia colocarse en la parte delantera de la locomotora, dentro de una linterna de palastro sólidamente fijada. La lámpara enviaria á la atmósfera un cono de luz, y el resto lo enviaria hácia adelante para iluminar la vía. El envio hácia arriba de una parte de la luz tiene por objeto iluminar verticalmente la atmósfera á fin de que el tren pueda ser visto desde léjos á pesar de los obstáculos de las obras, árboles y caseríos, y á pesar de marchar por el interior de un desmonte profundo. M. Girouard propone tambien el empleo de vidrios de color en la parte delantera de la lámpara para que el cambio de la luz pueda servir de señal que anuncie un estado ó una órden ó una necesidad del servicio. Para conseguir este cambio,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

se colocan las palancas necesarias que llegan hasta la plataforma donde está el maquinista.

APLICACION DE LA LUZ ELÉCTRICA Á LA PESCA.

Únicamente porque nada falte al cuadro de las aplicaciones *intentadas* de la luz eléctrica, nos ocupamos de esta tentativa de aplicacion. Existe la creencia de que la luz artificial atrae los peces; creencia que tal vez tenga algun fundamento tratándose de algunas especies, y de una luz que no sea excesivamente intensa. Sea como quiera, fundándose en ella se han construido lámparas eléctricas dispuestas para ser sumergidas en el mar, y se ha procedido con ellas á hacer experimentos, los cuales no han debido dar buenos resultados (por más que se diga en contrario) cuando el sistema no se ha acreditado como útil.

APLICACION DE LA LUZ ELÉCTRICA Á LOS TRABAJOS SUBMARINOS.

Esta aplicacion es seguramente más fundada que la anterior. Sabido es que tanto en las obras hidráulicas de



los puertos, como en el salvamento de los buques que se han ido á pique, ó de los objetos que se encuentran en el fondo del mar, se necesita que bajen los buzos, ya sea provistos de escafandras, ya alojados en la campana del buzo. Cuando el agua está turbia ó la profundidad es algo considerable, no llega al fondo la luz del dia con la intensidad suficiente. En este caso, y durante la noche, puede utilizarse con éxito la luz eléctrica. La lámpara debe ir colocada dentro de un globo de vidrio de paredes resistentes donde se ha hecho el vacío. Esta precaucion es conveniente por las razones que expusimos cuando tratamos del alumbrado de las minas donde se produce el *grisou*. La máquina motriz y la máquina de Gramme pueden ir colocadas sobre un lanchon y estar á cien metros ó más de distancia de la lámpara.

APLICACION DE LA LUZ ELÉCTRICA Á LA FOTOGRAFÍA

El primero que ha realizado este adelanto ha sido un fotógrafo de Paris, M. Liébert; y si la experiencia no viene en lo sucesivo á demostrar inconvenientes que hasta ahora no se han presentado que sepamos, podemos esperar que se aclimate definitivamente la nueva aplicacion.

La mayoría de los fotógrafos se ven obligados á tener el taller en un cuarto, quinto ó sexto piso para disponer



de una buena luz, ya que ésta es el agente fotográfico, y el alma de la fotografía.

Con la luz eléctrica, el taller puede estar situado en el piso bajo, en un almacen, en un sótano; lo cual constituye una gran ventaja para el fotógrafo y para la clientela. Empleando la luz del dia, el taller de la cámara oscura debe estar cerrado por vidrios en casi toda su extension; debe impedirse que los rayos solares directos penetren en el local; todo lo cual se hace innecesario con el empleo de la luz eléctrica.

Al fotógrafo le convendria en gran manera tener una luz siempre igual y constante, para no tener que ir cambiando constantemente el tiempo de la exposicion. La luz del dia no es igual á todas horas, y cambia tambien de uno á otro dia con el estado de trasparencia de la atmósfera y con el del cielo. La luz eléctrica puede proporcionar esa luz fija y constante que constituye el ideal.

El fotógrafo no puede trabajar más que durante el dia: con la luz eléctrica puede hacerlo con la misma facilidad de dia que de noche.

Tales son las ventajas, no despreciables por cierto, que la luz eléctrica ofrece al arte fotográfico. ¿Tiene algunos inconvenientes? Hasta ahora lo ignoramos: la aplicacion es demasiado reciente para que podamos pronunciarnos sobre este punto: el tiempo nos lo dirá. Las pruebas fotográficas obtenidas con la luz eléctrica nada dejan que desear.

Veamos ahora cómo se puede disponer un taller fotográfico iluminado por la luz eléctrica. Cerca del taller, en un cuarto de reducidas dimensiones, se instala un



motor de gas de la fuerza de cuatro caballos. A su lado se fija una máquina Gramme. En el taller fotográfico se coloca á conveniente altura la lámpara eléctrica. Ésta no necesita ser reguladora, y puede reducirse á dos porta-carbones colocados en ángulo recto: uno es fijo, y el otro puede alargarse á mano por medio de un piñon que engrana con una barra dentada ó cremallera. La luz no se enciende más que el cortísimo tiempo que se tarda en impresionar la placa sensible; de modo que puede encenderse á mano y sin necesidad de ningun sistema regulador. Podria, sin embargo, emplearse un regulador cualquiera en el momento en que la experiencia acreditase su utilidad.

La luz de la lámpara no ilumina directamente al modelo, sino que cae sobre un reflector cóncavo esférico de dos metros de diámetro y pintado de blanco.

Este reflector, que recibe casi toda la luz de la lámpara, la refleja y difunde sobre el modelo, el cual queda perfectamente iluminado con una luz viva y suave á la vez; suave decimos, en el sentido que no da sombras enérgicas y líneas cortadas y duras. Este resultado se comprenderá si nos fijamos en las grandes dimensiones que tiene el foco luminoso, el cual no es otro que el enorme reflector-difusor pintado de blanco.

Los artistas encontrarán en el nuevo procedimiento un medio fácil y cómodo para cambiar el sistema de iluminacion del modelo: empleando un difusor más pequeño tendrán puntos brillantes, sombras fuertes, energía en el claro oscuro hasta rayar en la dureza: empleando un gran difusor obtendrán tanta suavidad en las medias tintas como deseen: degradaciones insensibles en las sombras:

FUNDACION JUANELO TURRIANO

disminucion en los contrastes. Todo esto constituye un reurso artístico que con el tiempo no dejarán de estudiar y de aplicar los que tengan el sentimiento del arte, y busquen los matices de la perfeccion.

Para terminar este asunto, vamos á trasladar algunas palabras de un periódico científico al tratar de la inauguracion del taller electro-fotográfico de M. Liébert:

«Los rayos luminosos que caen sobre el reflector, así dispersados, así divididos, inundan positivamente el modelo cuya imágen se desea reproducir. La claridad es soberbia: el rostro queda dulcemente iluminado sin durezas y sin sombras exageradas: los ojos sufren sin fatiga alguna el brillo de la luz.

»En una hora, desde las once á las doce de la noche, se hizo con la mayor facilidad una docena de retratos, todos admirables.

»La luz eléctrica empleada se producia con una máquina Gramme que daba 900 vueltas por minuto, y movida por un motor de gas de cuatro caballos.»

La luz eléctrica puede emplearse tambien para iluminar interiores de edificios, iglesias, cuevas ó grutas naturales. Por este medio se sacan vistas fotográficas de sitios y de objetos, que de otro modo seria difícil ó imposible conseguir.


FUNDACION JUANELO TURRIANO

APLICACION DE LA LUZ ELÉCTRICA
Á LAS PROYECCIONES.

Hay un gran número de experimentos brillantísimos en la Óptica que exigen una luz de gran potencia, entre los cuales podemos citar los fenómenos de las interferencias, los de la polarizacion, los de la doble refraccion, los de la polarizacion cromática, la descomposicion y recomposicion de la luz y los del microscopio solar. La luz directa del sol se presta perfectamente para esos experimentos; pero no siempre puede disponerse de ella, ya por defecto del local, ya porque el cielo esté nublado, ya porque las conferencias, las lecciones ó el espectáculo han de verificarse durante la noche. La luz eléctrica puede suplir al sol en todos estos experimentos. Miéntras no se pudo producirla sino con las pilas, hubo que luchar con todas las dificultades y penalidades que las pilas llevan consigo, las cuales impidieron que se generalizase su uso; mas hoy que la luz eléctrica puede obtenerse con baratura y comodidad y sin penosos obstáculos, vemos propagarse por todas partes con éxito la nueva aplicacion de los generadores mecánicos de electricidad.

La Física experimental está de enhorabuena: el profesor puede con la luz eléctrica dar á sus lecciones un encanto irresistible: un numeroso auditorio puede asistir desde su asiento á los espectáculos más íntimos y recónditos de la materia: puede presenciar la formacion



de los cristales como si sus ojos hubiesen adquirido un colosal poder de amplificacion: cada espectador puede ver las delicadas rayas de las interferencias, los brillantísimos espectáculos de la polarizacion cromática, todo aquello en fin que antiguamente no podia ver sino con el auxilio del microscopio, ó provisto de un aparato especial. Con tan poderosos medios, no solamente gana el profesor que puede hacer participar á todos sus oyentes á la vez de un espectáculo magnífico, y llevar más claridad á la inteligencia del auditorio, sino que gana la ciencia misma, porque adornándose con tales atractivos se presta más á popularizarse y se infiltra insensiblemente en el espíritu. Además de esto, no hay que olvidar que las ideas se fijan mejor en la memoria, cuando van acompañadas de demostraciones experimentales que impresionan vivamente los sentidos.

El sistema empleado para presentar á la vista de un auditorio los brillantes fenómenos ópticos ántes enumerados, ó las formas y movimientos microscópicos amplificados, consiste en el empleo de la antigua linterna mágica más ó ménos perfeccionada; pero reemplazando el foco luminoso que se empleaba, que era un quinqué de aceite, por la luz eléctrica. Este sistema de experimentacion se ha llamado *de las proyecciones,* porque consiste en proyectar sobre una gran pantalla ó lienzo, la imágen amplificada del objeto ó del fenómeno que se quiere hacer visible.

El material que se necesita es un motor de gas de dos á cuatro caballos, una máquina dinamo-eléctrica, que puede ser la de Gramme, una buena linterna mágica provista de lentes que produzcan grande amplificacion, y


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

un regulador de luz eléctrica de los que sostienen fijo el foco luminoso ó arco voltáico, tales como el de Duboscq y Foucault. La linterna debe estar completamente cerrada para que no salga de ella más luz que la que penetra por las lentes. La distancia á que debe colocarse la pantalla de la linterna puede ser de cinco á seis metros. Posible es hacer mayor esa distancia y tendremos una imágen más grande aun; pero lo que ganamos en magnitud lo perdemos en claridad, y por esto no conviene en general pasar de esos límites. Además de perder en claridad la imágen cuando se separa mucho la linterna de la pantalla, pierde en limpieza, y algunos detalles se dibujan confusamente.

La figura n.° 21 representa la lámpara y regulador de Duboscq servidos por una pila eléctrica de cincuenta elementos de Bunsen, y la proyeccion sobre la pantalla, de la imágen de un insecto.

Como se ve en la figura, la linterna es pequeña y queda fuera de ella casi todo el regulador, ménos los carbones: en el fondo hay un reflector destinado á enviar hácia la lente los rayos luminosos que sobre él caen. No entraremos aquí en explicar el regulador eléctrico y la linterna, porque seria involucrar las cuestiones y porque constituyen materia de artículos especiales. El regulador descansa sobre un zócalo que puede moverse suavísimamente en dos direcciones perpendiculares por medio de dos tornillos, con lo cual y con el movimiento vertical de los porta-carbones se consigue colocar el foco luminoso en el punto preciso en que debe estar. La linterna lleva un agujero cerrado por un vidrio de color oscuro para que sin lastimarse los ojos pueda el experi-


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

mentador mirar el arco voltáico y asegurarse de que ocupa la posicion debida. El arco voltáico, como el sol,

FIG. 21.—Experimento de proyecciones con la lámpara eléctrica de Duboscq. (Vista de un insecto).

tiene una luz tan intensa, un brillo tan deslumbrador, que no se le puede mirar algun tiempo sin perjuicio de la vista: la retina se afecta considerablemente, y puede



sobrevenir una oftalmía que exija por mucho tiempo el

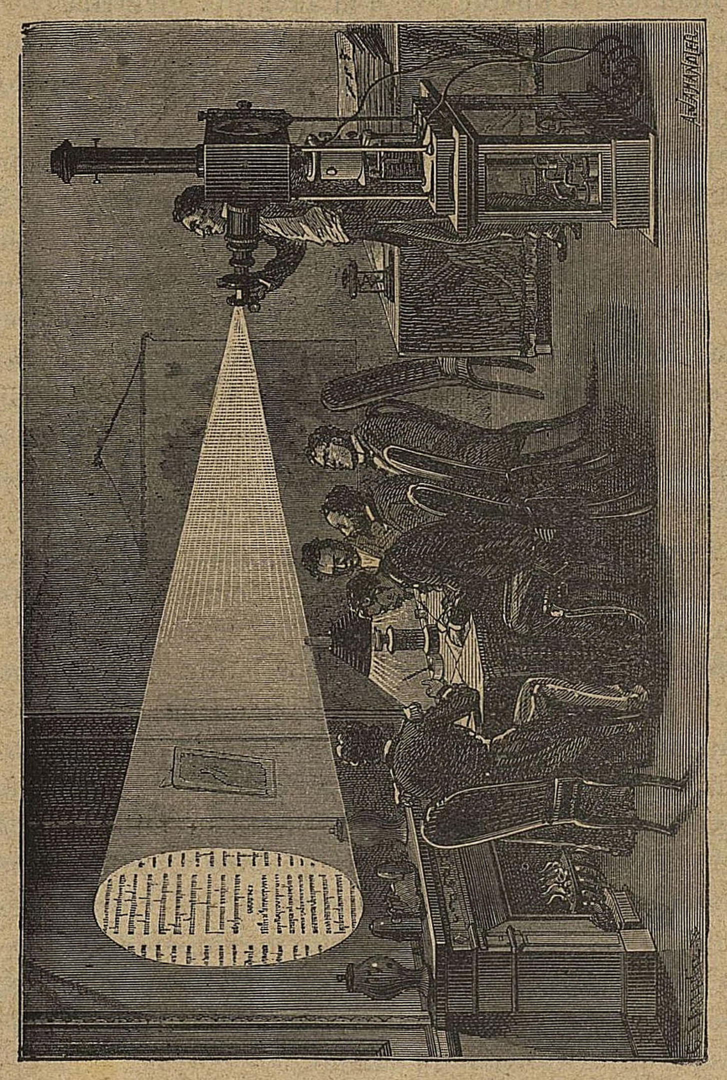


Fig. 22.—Amplificacion de los despachos telegráficos microscópicos por medio del sistema de las proyecciones.

descanso del órgano, y que pudiera revestir un carácter grave.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Esta advertencia no deben olvidarla nunca los que están llamados á operar con una viva luz eléctrica y la han de mirar de cerca. Si la luz está desnuda, y hay necesidad de mirarla de cerca, y de manejarla, el operador debe usar gafas de vidrio azul oscuro.

El aparato de proyecciones por la luz eléctrica que acabamos de dar á conocer fué aplicado, durante el sitio de Paris por los prusianos, á la lectura de los despachos microscópicos que habian traido bajo sus alas los palomos-viajeros llegados de las provincias. Los caractéres eran tan imperceptibles, que en la superficie de una uña cabia un centenar de despachos. Para hacer posible su lectura al mismo tiempo á un gran número de personas, era preciso amplificarlos considerablemente, y así se hizo por medio del aparato Duboscq ya descrito.

La figura 22 representa esta operacion, que como nuestros lectores comprenderán, no difiere sensiblemente de la anterior.

El sistema de las proyecciones por la luz eléctrica ha sido aplicado por el célebre físico Tyndall en Lóndres, á un gran número de experimentos sobre sonido, sobre las cristalizaciones y sobre la luz misma. De este modo ha conseguido mostrar al numeroso y selecto público que asiste á sus conferencias, los movimientos vibratorios de los cuerpos sonoros, la combinacion de las vibraciones del sonido y las de la luz, y los movimientos de las moléculas, al agruparse, movidas por invisibles resortes, llamadas por desconocida fuerza, para construir la maravillosa arquitectura de un cristal.

La fácil palabra del eminente profesor, y la profundidad de sus ideas, se encuentran realzadas con la hermo-



sura y brillantez de los experimentos que comprueban la explicacion y son su complemento.

APLICACION DE LA LUZ ELÉCTRICA Á LAS REPRESENTACIONES TEATRALES.

La luz eléctrica puede realzar en gran manera el efecto de ciertas decoraciones teatrales, disponiendo las cosas de modo que la escena aparezca iluminada por el sol, ó que se produzca un efecto parcial de sol en un interior, ó que se imite con la mayor perfeccion la luz de la luna. Tambien se presta á la descomposicion para dar luces coloreadas y producir un verdadero arco-íris.

En el teatro de la Ópera, en Paris, se ha organizado un servicio completo de la luz eléctrica con destino á las óperas que lo requieran. En la representacion del *Profeta* se produjo un efecto de sol en que se veia la salida de este astro entre las brumas y los celajes dorados del crepúsculo matutino. Un regulador eléctrico, provisto de un gran globo opalino teñido del color conveniente y animado de un movimiento ascensional suave, producia sobre los espectadores entusiasmados, el efecto del astro rey. La figura 23 representa una magnífica decoracion estrenada en aquel gran teatro para la ópera *Moisés,* en la cual aparece este interesantísimo personaje de la Biblia como iluminado por la vivísima luz del


FUNDACION JUANELO TURRIANO

cielo, lo cual hace destacar y realza la noble figura de

Fig. 23.—Decoracion de la ópera *Moisés*, iluminada por la luz eléctrica.

aquella gran personalidad, dando á la escena una impresion de majestuosa grandeza.



En la misma ópera hay otra decoracion en la que debe aparecer el arco-íris. Antiguamente éste se hacia poniendo tiras de papel de colores, en forma de arco, sobre el telon de fondo que representaba el cielo, y se iluminaba dicho arco proyectando sobre él con espejos, luces artificiales. La luz eléctrica ha dado el medio de hacer un verdadero arco-íris, un arco cuyos colores son los verdaderos, y que están formados por la luz misma, un arco, en fin, no iluminado como el antiguo, sino luminoso. La figura 24 representa la decoracion del *Moisés* con el nuevo arco-íris, producido por la luz eléctrica.

Hé aquí ahora, segun Saint-Edme, los medios que se pusieron en juego para producir el arco-íris por medio de la luz eléctrica, en el teatro de la Ópera, en el año de 1860. En la descripcion que sigue se habla de la pila eléctrica, porque entónces no se conocian los actuales generadores de electricidad; pero hoy no hay necesidad alguna de emplearla.

«El regulador eléctrico se alimentaba con una pila »de 100 elementos de Bunsen. Todo el sistema óptico »está fijo en el interior de una caja ennegrecida que no »difunde ninguna luz al exterior. Las primeras lentes »dan un haz luminoso cilíndrico que pasa por un arco »taladrado en una pantalla. Este haz cae en seguida »sobre una lente biconvexa de foco corto, cuyo papel es »dar amplitud á la imágen y aumentar la curvatura del »arco. Al salir los rayos luminosos de esta lente atraviesan un prisma cuya arista está hácia arriba, se des»componen, y engendran las bandas coloreadas del »arco-íris.»

Los efectos de luz en los teatros pueden hacerse con la



luz Drumond, pero no compite ésta con la electricidad

FIG. 24.—Arco-iris producido por la luz eléctrica en el teatro de la Ópera, en Paris.

cuando se necesita una luz intensísima: entónces debe emplearse la máquina dinamo-eléctrica, con el material



necesario de motor, conductores, lámpara y reflectores.

Tambien puede utilizarse la luz eléctrica para figurar rayos ó relámpagos que crucen el espacio ó que con sus resplandores iluminen instantáneamente la escena. Esto último no puede ofrecer dificultad. Con respecto á lo



Fig. 25.—Fuente iluminada por la luz eléctrica, para espectáculos teatrales.

primero, creemos que puede combinarse un aparato por medio del cual vea el espectador surgir el rayo en una tempestad y trazar su zig-zag luminoso en el espacio. Y en rigor podemos decir que si no es efectivamente el rayo lo que ve, al ménos es producto de la misma madre,

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

la electricidad. Para ello bastaria mover rápidamente un espejo donde el espectador vea por reflexion el foco eléctrico ó arco voltáico, que es un punto brillante, deslumbrador. Sobre el espejo se verá una línea brillante que será el rayo ó el relámpago.

Uno de los espectáculos más bellos que se han presentado en el teatro poniendo en juego la luz eléctrica, es la iluminacion de los surtidores de una fuente, y de sus cascadas. Ya sea haciendo pasar los rayos luminosos por vidrios de colores variados, ya empleando la luz eléctrica natural que se descompone en las gotas líquidas, se obtienen efectos curiosos y por extremo agradables á la vista. Para esta clase de espectáculos, así como para el que sigue, conviene una luz muy intensa, y por esto ninguna otra puede competir con la eléctrica. La figura número 25 representa una de las disposiciones de la fuente colocada en una gruta. El agua se eleva en los surtidores, ya porque viene de un depósito colocado en lo alto, ya empleando bombas que comprimen el aire de la vasija cerrada en que está el agua. En este caso la fuente seria una verdadera fuente de compresion. Las bombas toman el agua que cae de la fuente y la inyectan dentro de la vasija cerrada, donde el aire comprimido la impulsa con fuerza hácia los surtidores. Cuando se dispone de una gran cantidad de agua colocada en un depósito elevado, no se necesitan las bombas; pero si el agua es escasa ó tiene poca altura, debe recurrirse á ellas.

El regulador eléctrico debe colocarse más alto que la fuente, y por medio de un reflector se dirigen los rayos luminosos, naturales ó coloreados, sobre los surtidores y


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

cascadas. El líquido toma colores tan vivos y cambiantes tan ricos, que con razon puede llamarse esa fuente *La fuente mágica*. Provista de muchas combinaciones de surtidores, de tal modo que cada combinacion obedece á una llave distinta, no hay más que abrir una y cerrar otra, para cambiar el juego del agua; así como cambiando los vidrios, cambia tambien el aspecto de los brillantes colores. Los chorros de agua parecen verdaderamente chorros de luces de los matices más brillantes que imaginarse pueda.

Nuestros lectores no habrán seguramente olvidado el efecto extraordinario que hizo en los teatros la aparicion de los espectros, la sensacion que produjeron y la curiosidad que despertaron. Nada más fácil que producir estas apariciones. Para ello se coloca en el escenario un gran vidrio plano sin azogar, inclinado á 45 grados poco más ó ménos sobre el horizonte, y de frente al público. Éste no ve el vidrio por ser trasparente y estar el teatro á media luz; al contrario, ve la escena libre y desembarazada, ve allí los actores, y ve todo lo que haya detrás del vidrio como si éste no existiese; juzga por tanto, que no hay allí ningun espejo que pueda reflejarle nada. Y sin embargo ese vidro hará en el momento oportuno el papel de espejo. El actor que ha de figurar el espectro se oculta al público debajo y en la parte anterior del escenario. Un fuerte foco luminoso (la luz eléctrica mejor que ningun otro), puede iluminar á dicho actor en el momento que se desee, sin más que quitar una pantalla, y en este mismo acto aparecerá la imágen del actor á la vista del público, sobre el escenario, y entrando en accion con los actores reales. El espectro ó



imágen ejecutará cuantos movimientos haga el que representa este papel.

La situacion de éste, la del espejo, y las de los demás actores del drama, deben ser tales que el espectro aparezca en el sitio del escenario que le corresponde, de pié sobre el suelo y no en el aire, si así lo exije el argumento. Para hacer desaparecer instantáneamente el espectro basta bajar la pantalla que intercepta la luz eléctrica.



LÁMPARAS ELÉCTRICAS.

Lámpara eléctrica es el aparato en que se manifiesta la luz eléctrica y donde se hace la conversion de la electricidad en luz. Se han inventado multitud de aparatos donde aquel fenómeno se verifica; mas no se ha dicho sobre este asunto la última palabra, y todavía se agitan los inventores para mejorar las lámparas conocidas ó construir otras mejores. No es esto decir que no puedan prestar útiles servicios las que se usan, sino que todas adolecen de defectos de complicacion, ó son muy delicadas ó inseguras ó voluminosas, y todo el mundo conoce que sobre este asunto se puede hacer y esperar mucho, y aguarda la aparicion de una lámpara económica, segura, que no exija vigilancia ni cuidados, que se preste en cierto modo á la division de la luz eléctrica, que pueda funcionar igualmente cuando la corriente sea un poco más ó ménos intensa que la normal, y que por todas estas circunstancias se haga popular y se vulgarice, y contribuya á extender el uso y aplicaciones de la electricidad para el alumbrado.

Todas las lámparas hasta hoy usadas se pueden agrupar en tres clases:

PRIMERA: *Lámparas de arco voltáico.*

SEGUNDA: *Lámparas de incandescencia.*

TERCERA: *Lámparas mixtas, ó sea de arco voltáico y de incandescencia.*


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

Esta clasificacion podrá no estar enteramente conforme con los nombres que actualmente dan muchos á las lámparas; pero la hacemos en honor á la claridad y porque creemos que es la que mejor se ajusta á los hechos. Algunos inventores han sostenido que sus lámparas son de incandescencia pura y no de arco voltáico, y otros afirman lo contrario, siendo así, como lo ha demostrado el señor Roig y Torres, que ambas cosas tienen lugar en ellas y que en rigor el fenómeno es complejo.

Cualquiera que sea la lámpara eléctrica que se considere, siempre tendrá por objeto la conversion del movimiento eléctrico que es invisible cuando tiene lugar en gruesos conductores, en movimiento vibratorio luminoso. Podemos decir que hoy la ciencia viene á afirmar que la electricidad es un movimiento atómico (movimiento de los átomos); puede tambien afirmar que estos movimientos se hacen con vertiginosas velocidades; mas no puede todavía decir *qué clase de movimientos* ejecutan esos átomos. Y sin embargo de esta ignorancia, sin ninguna luz racional que lo guiase, por hechos de observacion, por procedimientos puramente empíricos, el hombre ha conseguido verificar la trasformacion del movimiento eléctrico en movimiento luminoso: la conversion de la electricidad en luz.

En la esencia, este admirable fenómeno no es diferente del que hacemos en todas las máquinas. Entremos en cualquier taller de fabricacion mecánica y veremos multitud de máquinas herramientas cuyos órganos ejecutan movimientos distintos, pero todos hijos unos de otros, y todos engendrados por uno solo que es el movimiento de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

rotacion contínua del árbol general del taller que cruza á éste de parte á parte. Aquí una sierra circular rueda con velocidad enorme: allí un torno da lentamente sus vueltas: acá un cepillo vá y viene reposadamente sacando virutas al hierro: allá una bomba sube y baja repitiendo su acompasado movimiento. Todos estos movimientos, tan distintos entre sí y muchísimos más que seria enojoso enumerar, nacen de uno solo que es el de rotacion contínua del árbol; y éste nace del de la manivela del volante, y éste del de la biela, y éste del del vástago del émbolo, y éste del del émbolo, y éste del de las moléculas del vapor de agua, y éste de otro en el cual no debemos entrar ahora, porque si seguimos esta genealogía hasta llegar á su último término, nos encontraremos con la idea de la *Primera Causa,* como si seguimos la genealogía del hombre, nos encontraremos con *Ella.*

Pero al convertir en nuestras máquinas un movimiento en otro movimiento *perdemos siempre algo de él:* siempre se nos escapa una parte: siempre hay pérdida de lo que llaman los mecánicos *fuerza viva.* Al decir que hay pérdida, entiéndase bien que nos referimos á nuestro objeto, al objeto de la máquina: que no queremos decir que el movimiento ó la fuerza viva que se pierde desaparezca del universo: esto no se verifica: esto es imposible que se verifique, porque el movimiento de un solo átomo no puede aniquilarse: puede pasar á otros átomos; mas si nuestro objeto era que el movimiento pasase á ciertos átomos y los moviese en determinado sentido, todo el movimiento que no esté en ellos, podemos decir que lo hemos perdido, con el mismo derecho que cuando se nos



pierde un objeto en la calle, decimos que lo hemos perdido, aunque tengamos la seguridad de que no ha salido del globo terrestre.

Nos es dado averiguar la pérdida de fuerza viva que tiene lugar en las trasformaciones del movimiento que una máquina ejecuta; y ésta se reputa con razon tanto más perfecta cuanto más pequeña es la pérdida. Pero no puede aun hacerse esto en las máquinas llamadas lámparas eléctricas; no puede saberse la pérdida de fuerza viva que tendrá lugar en la trasformacion del movimiento eléctrico en movimiento luminoso, ó sea en la trasformacion de la electricidad en luz. Es de presumir que la pérdida sea enorme. Lo que sí puede hacerse es la comparacion de las lámparas entre sí para ver cuál da mayor cantidad de luz con el mismo consumo de electricidad, ó lo que es lo mismo, conocer el rendimiento con relacion al consumo y deducir cuál utiliza mejor el capital de electricidad que se le entrega.

¿De qué medios nos valemos para hacer la trasformacion de la electricidad en luz?

Para que se comprendan bien los medios empíricos que se emplean en aquella trasformacion, vamos á poner un ejemplo aclaratorio, sin asegurar por esto que la analogía entre él y la cuestion de que tratamos sea perfecta. Supongamos que tenemos un estanque alto completamente lleno de agua en el cual entran por minuto 500 litros y del cual salen por una abertura circular inferior y en el mismo tiempo la misma cantidad de agua. Esta saldrá libremente con una velocidad debida á la presion interior que existe en el estanque. Aquí tendremos una fuerza motriz disponible por mi-


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

nuto: tendremos una fuerza viva por minuto que es el producto de la masa de 500 litros multiplicada por el cuadrado de la velocidad teórica. Ahora, si adaptamos á la abertura un largo y horizontal conducto para que el agua del estanque no pueda salir libremente á la atmósfera sin recorrerlo ántes, notaremos que la velocidad de salida será menor que la del caso anterior, de modo que hemos perdido fuerza viva. Esta pérdida es en parte originada por el roce del agua contra las paredes del conducto. Así pues, la resistencia opuesta al libre movimiento de las moléculas de agua ha originado la conversion de una parte de ese movimiento (el perdido) en otro movimiento de los mismos átomos del agua, en movimiento calorífico, en calor. Y en efecto, el agua sale por la boca del tubo algo más caliente que cuando entró en él. Si nuestro objeto y nuestro deseo eran conservar al agua toda la velocidad que integralmente le comunicó la presion del estanque, ó sea conservarle toda su fuerza viva inicial, entónces diremos que hemos perdido una parte, que es la convertida en calor. Mas si nuestro objeto fuese convertir en calor la mayor parte posible de la fuerza viva inicial *disponible*, entónces, lo que ántes era pérdida es ahora ganancia; y lo que debemos procurar es que haya más rozamiento, que haya más *resistencia*, á fin de aumentar la trasformacion ó de acrecer el rendimiento. Entónces debemos colocar obstáculos dentro del tubo que dificulten la marcha del agua y contra los cuales ésta tropiece y frote.

Coloquemos dentro del tubo esos obstáculos y disminuiremos la velocidad del agua, y tendremos convertida en calor una mayor parte de la fuerza viva disponible



en el estanque: tendremos más calor producido en un minuto.

Alentados por este paso iremos acumulando más obstáculos, más resistencia en el tubo, para tener más calor producido en cada minuto. Pero pronto tocaremos un desengaño. A medida que hemos ido aumentando la resistencia, el agua ha circulado con ménos velocidad por el tubo, y en vez de salir por éste 500 metros por minuto, habrán salido 400, 300, 200. El estanque rebosará, una parte de aquella fuerza viva *disponible* por *minuto* se escapará por los bordes del estanque y será perdida para el fin que nos proponíamos, que era convertirla en calor dentro del tubo. Así pues, si bien es verdad que cuanto más resistencia más se calentará el agua que pase por el tubo, tambien lo es que cuanto más resistencia ménos agua pasará por él en un minuto, y por este concepto disminuirá el calor producido en ese tiempo. De tal modo es esto, que si los obstáculos acumulados llegasen á impedir todo movimiento del agua, no se producirá calor alguno; porque si el agua no se mueve, ¿cómo se podrá convertir su movimiento en calor? Donde no hay movimiento no puede haber trasformacion de movimiento.

Estas consideraciones harán comprender fácilmente que para convertir en calor la mayor cantidad posible de la fuerza viva que el estanque nos suministra cada minuto, será menester *proporcionar la resistencia á aquella fuerza.*

Si no nos hemos equivocado en el cálculo, podemos decir que se obtendrá la mayor cantidad de calor por minuto, cuando la velocidad del agua en el tubo sea



próximamente los tres quintos de la velocidad que tendria á no encontrar en el camino resistencia alguna, ó lo que es lo mismo, la velocidad práctica ha de ser tres quintas partes de la teórica.

Supongamos, para concluir con nuestro ejemplo, que el tubo horizontal en vez de verter el agua libremente en la atmósfera, la vierte en un estanque bajo. Así la analogía que nos esmeramos en presentar clara á nuestros lectores, será más palpable.

Ahora bien: el conjunto de los dos estanques y su tubo viene á ser una imágen de una pila eléctrica ó de una máquina dinamo-eléctrica como la de Gramme por ejemplo: el estanque superior es el polo positivo: el inferior es el polo negativo: el conductor ó hilo metálico que reune los dos polos es el tubo que conducia el agua. Así como en el caso del agua una parte de la fuerza viva de ésta se convierte en calor, así aquí una parte de la fuerza viva correspondiente al desconocido movimiento eléctrico que se propaga por el conductor, se convierte en calor. Así como ántes una resistencia acumulada en un sitio producia en él una elevacion de temperatura, así aquí una resistencia, un obstáculo que dificulte la expedita marcha de la *corriente eléctrica* en un sitio, producirá una elevacion de temperatura: producirá calor y hasta luz.

Tal es hasta ahora el medio utilizado para trasformar el movimiento eléctrico que circula por un conductor en movimiento calorífico y luminoso.

Lámparas de incandescencia.—Tomemos una máquina dinamo-eléctrica ó magneto-eléctrica: unamos sus dos polos por un grueso hilo conductor de cobre. La corriente



eléctrica circulará fácilmente por él, y el hilo se calentará tan poco que ni siquiera lo notaremos; pero si rompemos el hilo en un punto y ligamos entre sí los dos extremos de la rotura por un corto y delgado hilo de platino, éste ofrecerá por su delgadez misma una resistencia (un rozamiento en imágen) tan grande, que se calentará hasta enrojecerse, y hasta brillar con luz deslumbradora. Este es el principio utilizado en las lámparas de incandescencia. Si á fin de conseguir más luz vamos alargando el hilito de platino, lograremos nuestro objeto, *mas hasta un cierto límite,* pasado el cual, si continuamos por este camino, perderemos en luz en vez de ganar, y lo mismo sucederá si disminuimos la resistencia. En vez de un hilo de platino puede ponerse un cilindrito delgado y corto de carbon, ó un hilito de hierro ó de otro metal cualquiera. Hasta ahora solamente se han empleado el platino y el carbon, porque los otros cuerpos no pueden resistir sin fundirse ó volatilizarse el calor producido. Aun el platino se funde si la temperatura pasa de cierto límite, razon por la cual es preciso arreglarse de modo que no llegue á verificarse este caso, y en esto precisamente consiste la famosa invencion de Edisson, que despues de ser tan cacareada no ofrece verdadera novedad y es de problemática utilidad por ahora.

Lámparas de arco voltáico.—Veamos ahora el principio en que se fundan las lámparas de arco voltáico.

Volvamos á tomar nuestra máquina eléctrica ó generador de electricidad: pongamos un grueso hilo de cobre en comunicacion con el polo positivo de ella y otro igual con el polo negativo: atemos una corta barrita de carbon al extremo del primer hilo, otra al extremo del



otro: hagamos que ambas barritas se toquen por sus extremos terminados en punta grosera. La corriente eléctrica circulará por este conductor interpolar; pero se encontrará con una fuerte resistencia al pasar por las dos puntas de carbon que están tocándose. ¿De qué proviene esta resistencia? ¿Qué dificultad tiene la corriente para pasar de una á la otra punta de carbon? ¿Qué obstáculo se le presenta en ese sitio? No hay otro obstáculo que la misma estrechez del paso: en ese sitio el conductor se adelgaza mucho: la corriente eléctrica ha de pasar por el corto número de moléculas de carbon que constituye este paso de las Termópilas. De aquí la resistencia: de aquí el rozamiento (en imágen): de aquí la trasformacion de una gran parte del movimiento eléctrico en movimiento vibratorio calorífico y luminoso, y ya tenemos la luz. La misma elevacion de temperatura que produce la incandescencia de las puntas de los carbones, produce en parte la disgregacion de estas puntas y aun su volatilizacion: de modo que aunque por razon de este desgaste dejen las puntas de tocarse, queda entre ellas una atmósfera de gas muy caliente y de partículas carbonosas disgregadas, y de vapor de carbono, la cual atmósfera constituye una especie de puente eléctrico para que la corriente pueda ir desde una punta á la otra que ya está distante. Este puente ofrece realmente una resistencia grande á la corriente, como el hilo de platino en el caso anterior: esta resistencia es necesaria, como hemos visto, para la trasformacion de electricidad en calor y luz. Si ya por el continuado desgaste de las puntas, ó ya porque las separamos á mano, vá aumentando la distancia entre aquellas, seguirá la corriente



salvando el espacio y seguirá la luz; mas como esa distancia no puede aumentar sin aumentar la resistencia, y *ésta debe en todos los casos proporcionarse* á la fuerza viva eléctrica ó á la intensidad de la corriente para obtener el máximo rendimiento en luz, resulta que esa distancia debe tener un límite como lo tenia en el ejemplo del agua y en el hilo de platino. Habrá, pues, para cada corriente, segun su intensidad, una distancia que produzca más luz que todas las demás menores y mayores que ella. La brillante atmósfera luminosa que existe entre las puntas separadas de los carbones, ó mejor, el camino ó surco brillantísimo que en esa atmósfera se traza la corriente eléctrica, es el *arco voltáico.* Si la distancia entre las puntas de los carbonos se hace demasiado grande, no sólo perderemos en luz, sino que la corriente no podrá salvar una tan gran resistencia y la luz se apagará.

Tal es el fundamento de las lámparas de arco voltáico. Ya hemos visto que en ellas conviene que este arco tenga una longitud fija, á pesar del contínuo desgaste de los carbones, y proporcionada á la intensidad de la corriente. ¿Cómo conseguirlo? Este problema ha ejercitado la sagacidad y la paciencia de muchos físicos, ingenieros y constructores, y se han construido multitud de lámparas, de las cuales describiremos las más acreditadas hasta hoy.

Antes de concluir esta introduccion al detallado estudio de algunas lámparas, llamemos la atencion de nuestros lectores sobre un punto especial. En las lámparas de arco voltáico, las puntas de los carbones se ponen incandescentes, sobre todo la que corresponde al polo



positivo. Por este hecho radian alguna luz. Luego en rigor hay en ellas luz por incandescencia: tambien hay partículas de carbon destacadas que están incandescentes en la atmósfera luminosa, y estas partículas tambien dan luz por incandescencia.

Lámparas mixtas, ó sea de arco voltáico y de incandescencia.—Hemos visto que en cuanto se tocan las puntas de los carbones se produce luz. Tambien hemos visto que si la corriente es pequeña, el arco voltáico ha de ser pequeño. Tan pequeña puede ser la intensidad de la corriente, que los carbones deben estar tocándose por sus puntas. En este caso, uno de los carbones debe estar siempre empujado hácia el otro para que continúen tocándose á pesar del desgaste. Ahora bien: aun en este caso puede decirse que habrá un pequeñísimo arco voltáico, porque las partículas en contacto van desapareciendo, y entre el momento en que desaparecen y el momento en que vuelven á tocarse las puntas, pasa un tiempo muy pequeño, durante el cual existe un pequeñísimo arco.

Las puntas de los carbones están incandescentes, y tanto más cuanto más delgadas son; de modo que brillan mucho. De aquí resulta que la luz producida en estas lámparas se debe tal vez en más parte al brillo de las puntas que al del arco, sin que sea posible asignar la parte que á cada uno corresponde. Por esto llamaremos á estas lámparas, *mixtas*, para distinguirlas de las anteriores, donde la luz producida se debe principalmente al arco. Si uno de los carbones en vez de ser una barrita delgada es un trozo grueso, éste se calienta y brilla poco ó nada, y ménos aun si es el que comunica con el



polo negativo. Pero en cambio el delgado, sobre todo si corresponde al polo positivo, se calentará y brillará mucho en su punta.

Pasemos ahora á la descripcion de las lámparas.

FUNDACION JUANELO TURRIANO

LÁMPARAS DE ARCO VOLTÁICO.

REGULADOR SERRIN Ó LÁMPARA SERRIN.

La luz se produce en esta lámpara entre las dos puntas de dos barras de carbon colocadas en la misma línea vertical, como se representa en la figura 26.

El carbon superior se llama *carbon positivo,* porque comunica con el polo positivo de la pila ó de la máquina generatriz del flúido eléctrico. El inferior ó *carbon negativo* comunica con el polo negativo.

Un regulador foto-eléctrico debe satisfacer á estas tres condiciones: 1.ª cuando la corriente no circula por el aparato, debe hacer marchar los dos carbones el uno hácia el otro, hasta que las puntas se toquen. Esta condicion es necesaria, porque sin tocarse éstos es imposible que la corriente pueda circular por el regulador, esto es, no podrá empezar á pasar de un carbon al otro, estando roto el circuito entre ellos; 2.ª en el momento en que empieza á circular la corriente y brilla la luz entre las puntas de los carbones, debe separarlos á la *distancia conveniente* para que se obtenga el máximo de luz que la corriente eléctrica de que se dispone puede dar; 3.ª debe sostener esta distancia constante á pesar del desgaste de los carbones, ó lo que es lo mismo, debe aproximarlos á medida que se desgastan y en la misma proporcion del desgaste.

FUNDACION JUANELO TURRIANO

Si se quiere que el foco luminoso, ó sea el arco voltái-

FIG. 26.—Lámpara regulador de Serrin para la luz electrica.

co, ocupe siempre el mismo sitio del espacio, se necesita



que el regulador llene una condicion más, una cuarta condicion, que es la siguiente: *que cada carbon marche en la misma proporcion que se desgaste.* El carbon positivo deberá, pues, hacer un camino doble del que en el mismo tiempo haga el carbon negativo, toda vez que sabemos que el desgaste del primero es próximamente doble del desgaste del segundo. Mas si el regulador hubiese de estar alimentado por una máquina de corrientes alternativas, entónces los dos carbones deberán marchar el uno hácia el otro con iguales velocidades; porque en este caso no hay carbon positivo ni negativo: los dos están en igualdad de condiciones: el desgaste es igual para ambos. Los reguladores que sostienen siempre la luz en el mismo sitio del espacio, tienen por solo este hecho una notable ventaja sobre los otros. Esta ventaja se convierte en una necesidad cuando se trata de ciertas aplicaciones de la luz eléctrica, como la de los faros ó la de las proyecciones.

La lámpara-regulador de M. Serrin satisface á las cuatro condiciones arriba enumeradas, y es la primera lámpara con carácter industrial que se ha puesto en uso. Es un aparato que ha funcionado satisfactoriamente durante años en los faros, en los buques y en muchas fábricas y talleres; podemos, pues, decir que ha hecho sus pruebas. Su mecanismo, de cierta complicacion en la apariencia, no lo es en el fondo, y sobre todo no es delicado, que es la primera condicion de todo aparato industrial que ha de estar en manos del vulgo. Todo el mecanismo va resguardado por una caja de metal que lo encierra.

El porta-carbon positivo *C* vá unido á la barra *B* por



dos piezas horizontales que se ven en lo alto de la figura 26. Estas piezas, que están articuladas, permiten mover el porta-carbon *C* en el plano de la figura y perpendicularmente á este plano; doble movimiento á favor del cual puede conseguirse colocar al carbon superior en la prolongacion misma del carbon negativo inferior *K*.

La barra *B* con todo lo que lleva encima, tiene un cierto peso que es el motor del aparato. La barra *B* puede subir á mano y tiende á bajar por su propio peso que es el motor: vá guiada en sus movimientos ascendente y descendente por un tubo que la envuelve y que la tapa en la figura. La parte inferior de la barra *B* lleva una cremallera ó barra dentada; de manera que cuando baje por su propio peso, esta cremallera que engrana con la rueda *F*, mueve esta rueda que es el primer órgano del movimiento de relojería. Sobre el eje de esta rueda vá montada una polea *G* sobre la cual se arrolla una cadenita *á la Vaucanson*. Esta cadena se arrolla sobre otra polea *J* y se une por su extremo á una *pieza saliente* implantada sólidamente en la parte inferior del porta-carbon *K*. Esta parte inferior del porta-carbon *K* no se ve en la figura porque la tapa un tubo que la envuelve, que es el *M*. Este tubo vá hendido en la parte inferior para permitir el movimiento de subida y bajada á la *pieza saliente* y con ella al porta-carbon negativo *K*.

De lo que acabamos de explicar se deduce que si levantamos el porta-carbon positivo *B* á toda la altura que el aparato permite, y lo soltamos, descenderá por su propio peso; pero al descender hará rodar la rueda *F* y la polea *G*, y rodando ésta, la cadenita se arrollará sobre ella, y hará subir el porta-carbon negativo *K*; de modo


FUNDACION JUANELO TURRIANO

que los carbones marchan al encuentro el uno del otro, mas no con la misma velocidad. El carbon positivo, que es el superior, baja con doble velocidad que la que tiene al subir el carbon negativo; cosa que se comprende que debe suceder por tener la rueda *F* un radio doble que la polea *G*.

En todo cuanto hemos dicho hasta ahora, aparece que el tubo que envuelve el porta-carbon negativo, y que es el que sustenta la polea *J*, es fijo; mas no es así. Todo ese tubo puede tomar un corto movimiento en el sentido vertical. Para ello vá sostenido á los lados móviles de un doble paralelógramo articulado *R S T U* que tiene fijos los puntos ó vértices *R* y *T*. Su propio peso le induce naturalmente á bajar; mas un resorte *R*, cuya fuerza se puede graduar á mano por medio del tornillo *b* que sale fuera de la caja del mecanismo, le induce á subir, con una fuerza que dependerá de nuestra voluntad, porque de ésta depende la tension del resorte.

En la parte inferior del aparato habrá tambien otra fuerza que tenderá á hacer bajar el paralelógramo, y con él el carbon negativo. Esta fuerza es un electro iman *E* por donde circulará la corriente que alimenta al regulador. Este electro-iman atrae hácia abajo á su armadura *A*, la cual vá unida al paralelógramo.

Resulta pues: que el carbon negativo (independientemente de la accion que sobre él ejerce el peso motor del otro), está sometido á tres fuerzas: dos que tienden á hacerlo bajar, que son el peso del paralelógramo y el electro-iman, y una que tiende á hacerle subir, que es el resorte. Estas cuatro fuerzas deben equilibrarse cuando



funcionando el aparato, el arco voltáico tiene el largo que conviene á la corriente de que se dispone.

Todavía nos falta describir un órgano importante que es el destinado á parar automáticamente cuando convenga el movimiento de relojería, ó sea el movimiento de avance de los carbones el uno hácia el otro. Este efecto se produce por medio de dos piezas: la una pertenece al aparato de relojería, y es un volante estrellado, una estrella que se mueve cuando se mueve la relojería: la otra es una pieza saliente en forma de escuadra que vá unida al tubo que está sostenido por el paralelógramo. Veamos el efecto de estas dos piezas. Para ello, supongamos en marcha la lámpara. La corriente penetrará en el aparato por el tornillo-prensa positivo, y marchará al carbon positivo: de allí pasa al negativo pasando entre las puntas y formando el arco voltáico: del carbon negativo pasa al electro-iman, y al salir de éste vá al tornillo-prensa negativo. Los carbones se desgastan: la distancia entre las puntas crece: la resistencia del circuito se acrece por este hecho: la intensidad de la corriente eléctrica disminuye por haberse aumentado la resistencia del circuito: el electro-iman atraerá á su armadura *A* con ménos fuerza: el resorte *R* predominará entónces y hará subir un poquito al paralelógramo: entónces la pieza de escuadra (que impedia el movimiento del volante estrellado y por ende el movimiento del aparato de relojería) deja libre al aparato de relojería: éste funciona: los carbones se acercan: el arco voltáico se acorta: la resistencia del circuito disminuye: la intensidad de la corriente aumenta: el electro-iman atrae con más fuerza á la armadura *A*: ésta baja y arrastra consigo



al paralelógramo: baja la pieza de escuadra, y su extremo pára otra vez el volante estrellado y el movimiento de relojería.

Antes de empezar á funcionar la lámpara, cuando no pasa por ella la corriente, los dos carbones estarán tocándose por sus puntas; pero en el momento en que se establezcan las comunicaciones eléctricas, la corriente pasará por el electro-iman, y pasará con mucha intensidad porque el arco voltáico es nulo ó poco ménos. Esta corriente intensa provoca una fuerte atraccion de la armadura *A*: el paralelógramo bajará y con él el carbon negativo: el arco voltáico se formará, y los carbones no podrán acercarse, porque cuando el paralelógramo está bajo, la pieza de escuadra detiene la marcha del aparato de relojería, y por tanto el movimiento de aproximacion de los carbones.

Como la corriente que se emplea en estas lámparas puede ser muy intensa y podria quemarse la cubierta de seda del hilo del electro-iman, M. Serrin ha suprimido esta cubierta, aislando el hilo por un *esmalte vítreo*, difícil de fundirse. Este esmalte aisla el hilo del hierro dulce y aisla tambien las vueltas unas de otras.

M. Serrin construye varios modelos, todos idénticos en principio, pero proporcionados á las intensidades de las corrientes. Los más grandes pueden llevar carbones de seccion cuadrada de 15 milímetros de lado.

Cuando se quiere que el aparato de relojería no marche, no hay más que empujar hácia abajo el tubo *M* é impedirle que suba, lo que se consigue metiendo un diente *m* que lleva el tubo *M* en una pieza fija á la caja del aparato. Se comprende que si el tubo *M* está bajo,



tambien lo estará el paralelógramo que á él vá unido, y tambien lo estará la pieza de escuadra, y por lo tanto ésta no dejará marchar al volante estrellado.

Lámpara-regulador de Duboscq.—En su aspecto exterior, esta lámpara se parece á la ya explicada de Serrin. Como en aquella, todo el mecanismo vá encerrado en una caja metálica de la cual salen y están al alcance de la mano:

1.° Los dos tornillos-prensas para colocar los dos hilos del generador eléctrico que conduce la corriente á la lámpara.

2.° El tornillo destinado á graduar la fuerza del resorte antagonista de la armadura del electro-iman.

3.° Los árboles de dos aparatos de relojería, uno de los cuales obra sobre el carbon positivo y otro sobre el negativo: uno para acercarlos y el otro para separarlos.

4.° Una palanquita destinada á parar ó á dejar correr los aparatos de relojería.

De la parte alta de la caja que envuelve y encierra todo el mecanismo, salen la cremallera que lleva el porta-carbon negativo, y otra que lleva el porta-carbon positivo.

Como se ve claramente en la figura 27, que representa la lámpara Duboscq, la cremallera del porta-carbon superior vá encerrada dentro de un tubo fijo que la resguarda y la sirve de guia.

Los porta-carbones propiamente dichos, pueden recibir aquellos dos movimientos perpendiculares que son necesarios para poder poner ambas barras de modo que la una esté en la prolongacion de la otra.

Las dos cremalleras que aproximan ó separan los car-



bones, engranan, como se ve en la figura, con dos

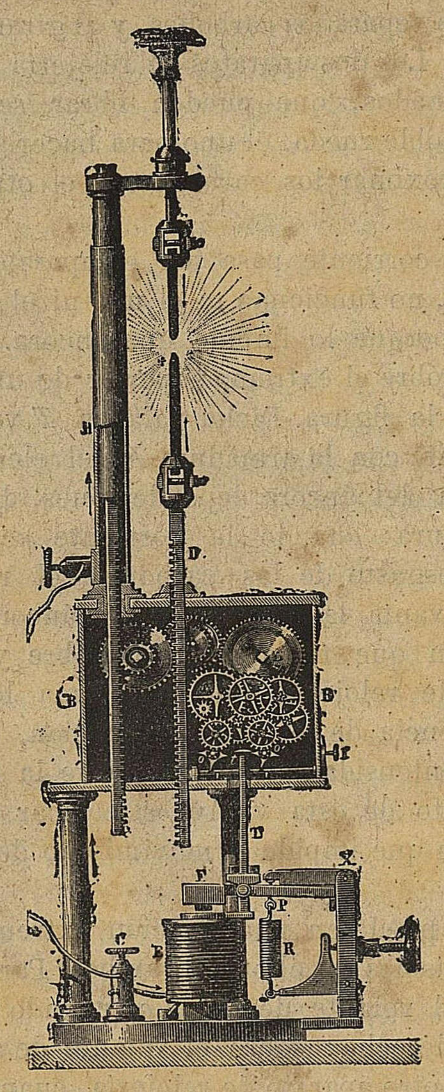


Fig. 27. — Lámpara reguladora de Duboscq, para la luz eléctrica

ruedas montadas sobre el mismo eje; pero el radio de la


FUNDACION JUANELO TURRIANO

una es doble que el de la otra. Esta doble rueda, al girar en un sentido separa los carbones, y al girar en el opuesto los acerca. Los dos aparatos de relojería están de tal modo combinados, que pueden obrar separadamente sobre dicha doble rueda, el uno para hacerla girar en un sentido y aproximar los carbones, y el otro para separarlos.

Cuando la corriente pasa por el aparato, y éste está bien reglado, no funcionan ni el uno ni el otro aparato de relojería porque lo impide una áncora. Esta áncora vá montada sobre el extremo superior de una palanca *T* que se ve en la figura. Dicha palanca *T* vá relacionada mecánicamente con la armadura *F* del electro-iman *E*.

La posicion del áncora depende, pues, de la posicion de la armadura: cuando la corriente se debilita por causa del desgaste de los carbones, el resorte antagonista *R* levanta la armadura: el áncora se separa de la posicion que tenia, y queda libre y marchando el aparato de relojería que aproxima los carbones. Por consecuencia de esta aproximacion, la corriente recobra su intensidad primitiva, atrae la armadura, y el movimiento de ésta vuelve á colocar el áncora en la posicion en que impide el movimiento del aparato de relojería.

El áncora puede en una posicion extrema parar uno de los mecanismos, ó el otro, ó ambos. Para ello, puede obrar sobre el volante de aletas *o*, cuando el áncora se inclina á la derecha: sobre el volante de aletas *o'* que pertenece al otro aparato de relojería, cuando el áncora se inclina á la izquierda.

Las dos posiciones extremas del áncora corresponden



á las dos posiciones extremas de la armadura del electro-iman.

Cuando el aparato está bien reglado y funcionando, y el arco voltáico es lo largo que debe ser, la armadura debe ocupar su posicion media. ¿Cómo se consigue esto? por medio del resorte antagonista *R* que tiende á subir la armadura *F*. La armadura tiende á bajar por la atraccion del electro-iman *E*, y tiende á subir por la accion del resorte: pues graduemos la fuerza de éste de tal modo que ambas fuerzas se equilibren cuando la armadura ocupe su posicion media; cosa que parece casi imposible de conseguir, pero que se logra por razon del mecanismo que liga el resorte con la armadura, mecanismo que ofrece al resorte un brazo de palanca variable segun la posicion de la armadura, y tanto mayor cuanto mayor es la fuerza del electro-iman.

Si en el estado supuesto en el párrafo anterior, sobreviene una disminucion en la intensidad de la corriente por consecuencia del desgaste de los carbones, la armadura sube, el áncora suelta el mecanismo de aproximacion y los carbones se aproximan. Si la aproximacion es suficiente, la armadura baja al sitio normal, y el áncora vuelve á parar el mecanismo de aproximacion. Si ésta fuese excesiva, la corriente seria demasiado intensa, la armadura bajaria á la posicion extrema y el áncora entónces suelta el mecanismo de desviacion de los carbones, y éstos se separan hasta colocarse á la debida distancia.

Tal es el regulador de Duboscq; complicado como ninguno, pero prodigioso como mecanismo. Circunstancias son estas que se oponen en cierto modo á que se vulga-


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

rice como lámpara industrial, pero que no son obstáculo para que preste grandes servicios en manos de los físicos ó de personas que lo puedan comprender y que lo sepan manejar y cuidar.

En este regulador se pueden mover á mano los carbones para fijar á la altura que se quiera la posicion del arco voltáico ó sea el foco de luz, maniobra que se hace ántes de que la corriente circule.

Como se ve, el regulador de Duboscq satisface tambien á la condicion cuarta: esto es, sostiene el foco luminoso en el mismo punto del espacio; cosa, como hemos dicho, indispensable para los faros y para las proyecciones.

Tambien se pueden hacer subir y bajar ambos carbones juntamente sin cambiar la distancia entre las puntas, cosa conveniente para centrar bien el foco luminoso.

Los reguladores que acabamos de describir son tan buenos como los mejores y están más generalizados que todos los otros en Francia y en España. No entra en nuestro propósito el describir todos los demás, contentándonos con citar los nombres de los autores de los más principales, que son: Siemens, Lontin, Mersanne, Bürgin, Gaiffe, Carré, Brush, Rapieff, Baro, Houston y Thomson, Harrison, Le Molt, Archerau, Jaspar, Hafner, Alteneck, Hiram-Maxim, Fontaine.


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

LÁMPARAS MIXTAS.

Los dos modelos mejores de estas lámparas son los de Reynier y Werdermann, cuyos inventores, el uno en Francia y el otro en Inglaterra, se han disputado la invencion del sistema.

Lámpara de Reynier.—Segun Du Moncel, esta lámpara, la más importante en su género, podrá acaso ser la que, bajo una ú otra forma, realice el problema de divisibilidad de la luz eléctrica. El aparato de que tratamos está representado en la figura 28.

El carbon superior *C* que es el positivo, es una barrita larga y delgada de uno á dos milímetros de diámetro sujeta por arriba en un porta-carbon pesado *A*, que puede descender resbalando por dentro de una columna hueca *D* que sirve de soporte al aparato. El porta-carbon vá guiado en su movimiento vertical por cuatro pequeños rodillos. La barrita de carbon *C* se apoya sobre un cilindro de carbon *R* (que hace el papel de carbon negativo), con todo ó parte del peso del porta-carbon *A*. Dicha barrita no apoya precisamente sobre la generatriz superior del cilindro de carbon *R*, sino algo excéntricamente, á fin de conseguir que cuando por consecuencia del desgaste de la barrita se vaya bajando ésta, vaya haciendo rodar lentamente al cilindro *R*, con cuyo movimiento se renovará el punto de contacto de los dos carbones, y se caerán las cenizas que podrian perjudicar.

A una corta distancia del punto de contacto de la bar-



rita con el carbon negativo *R*, lleva aquella una guia

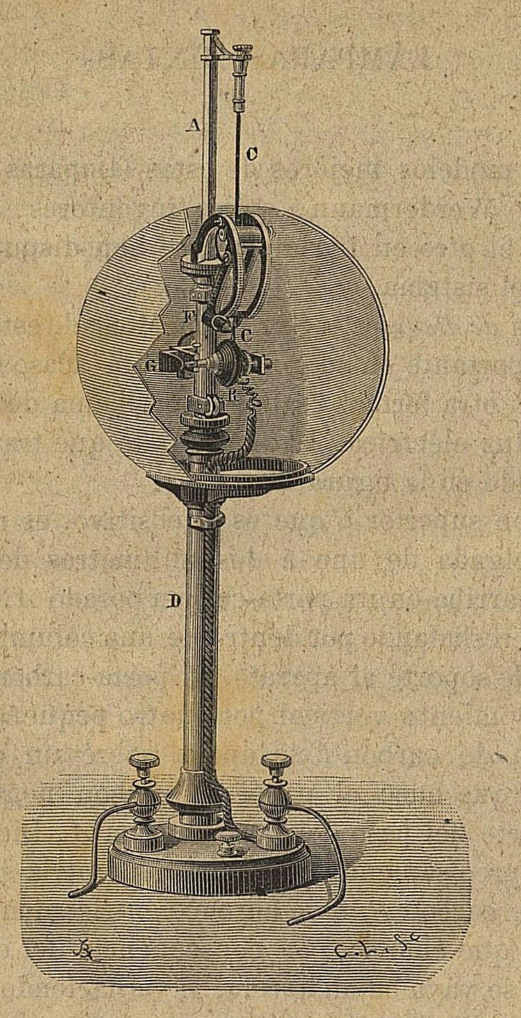


Fig. 28.—Lámpara Reynier para la luz eléctrica.

para que se sostenga vertical, y junto á esa guia y lateralmente hay una pequeña masa de cobre *F* que oprime

FUNDACION JUANELO TURRIANO

con su peso á la barrita de carbon *C*, á la cual toca siempre. Esta masa de cobre vá montada al extremo de una palanca articulada y arqueada para descansar lateralmente sobre el carbon *C*.

Sobre el pié de la lámpara se ven los dos tornillos-prensas, á los cuales se unen los hilos que conducen la corriente eléctrica á la lámpara.

El aparato funciona del modo siguiente: La corriente eléctrica entra por el tornillo-prensa de la izquierda: sube por el pié del aparato á buscar la masa de cobre ántes citada, y de ella pasa al carbon positivo *C*: baja por éste recorriendo los cinco ó seis milímetros que hay hasta llegar al carbon negativo *R*: de éste baja por un hilo aislado á buscar el tornillo-prensa de salida, que es el de la derecha. Vemos que la corriente tiene necesidad de pasar por el pedacito de barra de carbon muy delgada que hay desde la masa de cobre al carbon negativo. Este trocito de barra opone por su delgadez misma una resistencia á la corriente, y de aquí la incandescencia y el brillo de esos cinco milímetros de barra. La resistencia se hace sentir más en el extremo de la barrita, ó sea en el punto en que ésta toca al carbon negativo; y la razon de esto estriba en que la barrita, al desgastarse, se talla *por sí misma en punta*, fenómeno curiosísimo. Siendo la resistencia en la punta la mayor posible, el brillo será en aquel sitio más grande que en ninguna otra parte.

A la luz que da esta lámpara por el hecho de la incandescencia del carbon, hay que añadir probablemente, la que da el pequeñísimo arco voltáico que se forma, ya sea de un modo contínuo, ya por rapidísimas intermitencias, como en otro lugar hemos manifestado.



Segun Fontaine, la lámpara Reynier alimentada con doce grandes elementos Bunsen, produce una luz de gran fijeza y de una intensidad de 15 á 20 mecheros Carcel.

Podemos, pues, decir de un modo grosero que da un mechero Carcel por elemento.

En los talleres de los señores Sautter y Lemonnier se han hecho experimentos con diez lámparas Reynier alimentadas por una máquina Gramme que giraba con una velocidad de 930 vueltas por minuto. Las lámparas estaban colocadas una á continuacion de otra en un mismo circuito formado por un hilo de cobre de 100 metros de largo y 3 milímetros de diámetro.

Los resultados obtenidos están condensados en la tabla siguiente:

NÚMERO DE LÁMPARAS colocadas en el circuito.	INDICACION del galvanómetro.	INTENSIDAD luminosa de cada lámpara.	RENDIMIENTO total.
5	25	15 mecheros.	75 mecheros.
6	22	13 »	78 »
7	20	10 »	70 »
10	15	4 »	50 »

Como se ve en esta tabla, á medida que aumenta el número de lámparas que se alimentan en la misma corriente eléctrica, disminuye la luz total obtenida. Hé aquí uno de los primeros inconvenientes con que se tropieza en el problema de la divisibilidad de la luz eléctrica. Cuando se hace esta division se empieza á perder en luz total; y cuanto más se divide más se pierde.

En comprobacion de lo que decimos haremos observar

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

que esa misma corriente, que repartida entre 6 lámparas Reynier han dado 78 mecheros, aplicada sola al regulador de Serrin, produce una luz de 320 mecheros. Aquí vemos que una luz de 320 mecheros queda reducida á 78 cuando la corriente se reparte entre seis lámparas puestas en tension.

Lámpara Werdermann.—Esta lámpara es la que en Inglaterra hace la competencia á la francesa de Reynier, con la cual tiene grandísima analogía.

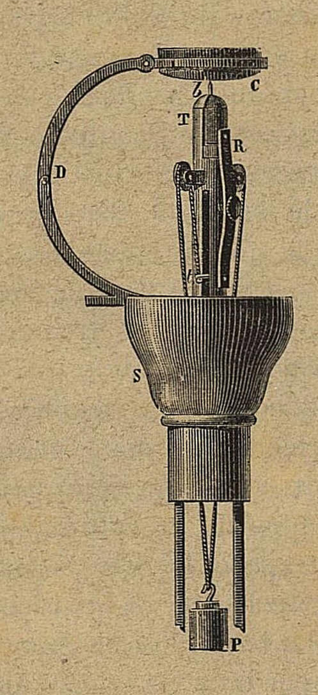


Fig. 29.—Lámpara-Werdermann para la luz eléctrica.

El aparato, sin el pié que lo sustenta, está representado en la figura 29. Consiste en una barrita delgada de

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

carbon *b*, poco más gruesa que la de grafito que los lápices llevan en su interior. Esta barrita está constantemente solicitada por la accion de un peso *P*, que se encuentra alojado en la columna hueca que forma el soporte de la lámpara, y que empuja constantemente la barrita hácia arriba. Como consecuencia de esto, la barrita estará constantemente apoyando su extremo superior contra el disco de carbon *C* que es fijo, que está aislado del resto del aparato y sostenido por la pieza *D*. El disco *C* tiene unos cuatro centímetros de diámetro y comunica con el polo negativo de la pila ó del generador eléctrico que se use. La barrita *b* comunica siempre con el polo positivo, y la corriente le llega por un contacto-guia lateral, metálico, que siempre está á cinco ó seis milímetros de la punta superior de la barrita *b*. Esta pequeña longitud de la barrita, que es la que se encuentra recorrida por la corriente eléctrica, es la que se pone incandescente, y la que, juntamente con el pequeño arco voltáico, da la luz. El disco de carbon no sufre nada ó casi nada por el paso de la corriente. El contrapeso empuja hácia arriba la barrita por el intermedio de dos cordones que le cogen por su parte inferior, se elevan para pasar por dos poleas, descienden por dentro de la columna-soporte, y allí se reunen en el contrapeso *P*. El embudo hueco *S* sirve para recoger las cenizas que se producen en la combustion de la barrita. La barrita se consume á razon de seis á diez centímetros por hora, lo mismo que en la lámpara-Reynier ántes explicada.

En Inglaterra se han hecho experimentos tambien con diez lámparas-Werdermann alimentadas por una máquina-Gramme. Las diez lámparas se colocaron en derivacion



en el circuito de la máquina del modo que se representa en la figura 30.

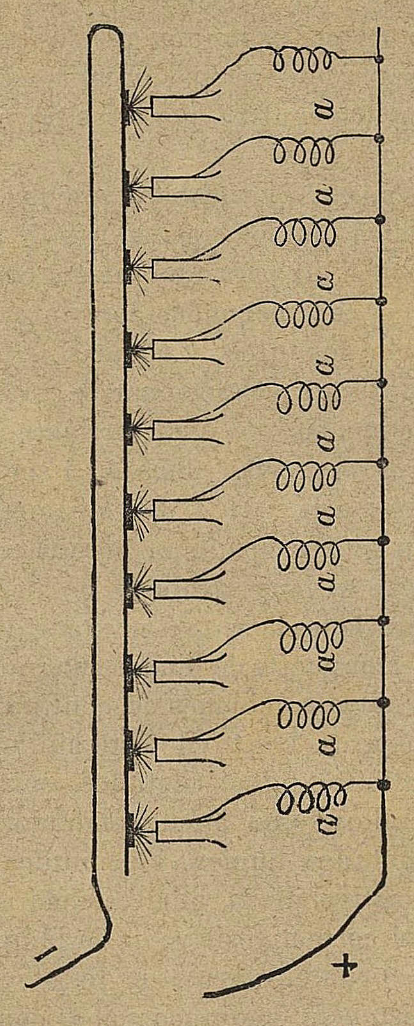


FIG. 30.—Division de la luz eléctrica.

Se intercalaron carretes de resistencia *a, a, a,* uno en



cada lámpara, para regularizar la accion. La corriente de la máquina-Gramme llegaba al conductor inferior por el extremo donde está colocado el *signo más*, y allí se dividia en diez partes, cada una de las cuales recorria una lámpara, y se reunian todas en el conductor superior volviendo al polo negativo por el sitio en que está el *signo ménos*.

Las lámparas mixtas que acabamos de describir utilizan peor la electricidad que los reguladores de arco voltáico, es decir, dan ménos luz para una misma corriente; pero pueden emplearse para pequeñas corrientes, cosa que no puede hacerse con los otros, y además se prestan mejor que ellos para dividir ó fraccionar la corriente y tener varias luces producidas por una corriente única.

Estas lámparas se prestan tambien á ser encendidas ó apagadas de una sola vez ó sucesivamente, y pueden usarse con ó sin globos opalinos, porque como la intensidad de la luz no es muy grande, no daña á los ojos. Para la maniobra de las lámparas mixtas puede emplearse un conmutador compuesto de cuatro cuadrantes formando un anillo con cuatro soluciones de continuidad, esto es, aislados unos de otros. Dentro de este anillo y frotándolo, se mueve un cilindro mitad metálico, mitad aislador, ó sea dos semi-anillos, uno buen conductor y otro malo. El cuadrante metálico número 1 comunica siempre con el conductor positivo de la pila; el cuadrante número 2 comunica con el carbon positivo de la lámpara: el cuadrante número 3 con el carrete de resistencia, y el otro extremo de resistencia comunica con el conductor negativo de la pila: el carbon negativo de la lámpara comunica con este mismo conductor: el cuadrante número 4 es


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

aislador. Ahora bien, tres posiciones puede tomar la llave de este conmutador dentro del anillo. En la primera posicion comunica el cuadrante número 1 con el 2: la lámpara funciona. En la segunda posicion comunica el cuadrante número 1 con el 3 y la corriente pasa por el carrete de resistencia y la lámpara se apaga. En la tercera posicion comunica el cuadrante número 1 con el 4, y como éste es aislador, la corriente no pasa ni por la lámpara ni por el carrete, y las otras lámparas beneficiarán el exceso de electricidad.

Lámpara-Ducretet.—El aparato está representado en la figura 31. Su analogía con los anteriores es completa.

Lo único que de ellos lo diferencia estriba en que la barrita del carbon positivo está constantemente empujada hácia arriba por hallarse sumergida en mercurio. Consiste esta lámpara en una columna-soporte *T*, hueca, de hierro, casi llena de mercurio. La barrita de carbon *C* está sumergida en ese líquido; la tapadera de la columna lleva una guia elástica *B* y un agujero para dejar salir al exterior la punta de la barrita: el carbon negativo *H* vá sujeto á un soporte *S* que puede subir ó bajar lo que se quiera moviéndose en la duela, donde se fija por un tornillo de presion que se ve en la figura: el soporte *S* vá aislado del resto del aparato. Para hacer funcionar la lámpara se pone en comunicacion el polo positivo de la pila con la masa general del aparato y el negativo con el soporte *S*. La corriente sube principalmente por la columna *T;* pasa á la guia *B* que está en contacto con la barrita: pasa á ésta: sube por ella corriendo los cinco ó seis milímetros que hay hasta el carbon negativo *H;* pasa á éste, y por el soporte *S* vuelve al polo negativo de la


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

pila. Los cinco ó seis milímetros de barrita enrojecen y brillan, aumentándose la luz que despiden con la del pequeño arco voltáico que existe entre los dos carbones.

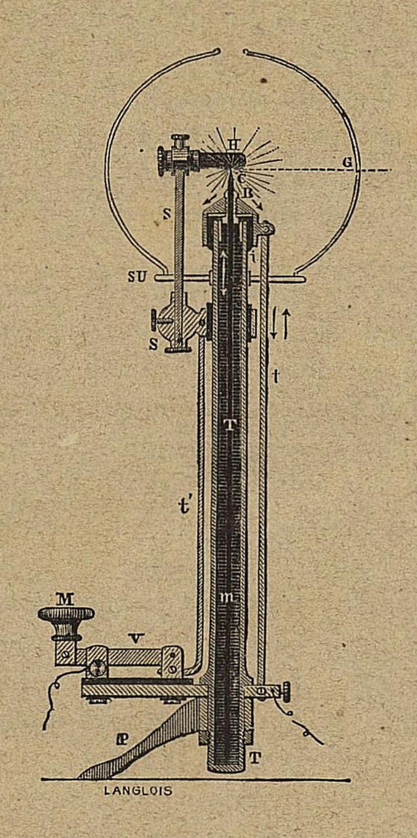


FIG. 31.—Lámpara-Ducretet para la luz eléctrica.

Posteriormente Mr. Ducretet ha perfeccionado su lámpara. Este perfeccionamiento está indicado en la figura. Consiste en aislar la tapadera *B* de la columna, interponiendo entre ambas un cuerpo mal conductor *del calor*, y unir la base metálica del aparato con dicha tapadera


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

por medio de una barilla metálica *t* muy buena conductora del calor. De este modo se evita el que el mercurio se caliente mucho en su parte alta y emita vapores que son malsanos. En efecto, el calor que la parte incandescente de la barrita comunica á la tapadera-guia, se pierde en su mayor parte por la varilla *t*, y no se emplea como ántes se empleaba en calentar la parte alta de la columna *T* y el mercurio en ella contenido.


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA.

Ménos éxito que las anteriores han alcanzado las lámparas de incandescencia, y por esta razon nos limitaremos á dar á conocer en principio las dos que han dado más que hablar, aunque tampoco les concedemos una verdadera importancia.

Una de ellas constituye la famosa invencion de Edisson, aquella invencion portentosa, al decir de la prensa americana, que realizaba maravillosamente el problema de la divisibilidad de la luz eléctrica, y que iba á matar de un golpe á todas las fábricas de gas del mundo.

Nuestros lectores recordarán que á pesar del respeto que nos merece el grande ingenio natural del célebre Edisson, desconfiamos de una noticia que empezaba por darlo todo por hecho, pero que acababa sin explicar cuál era y en qué consistia el gran descubrimiento.

Pues consiste su famosa lámpara eléctrica en una espiral de platino que se pone incandescente cuando es recorrida por el flúido eléctrico, cosa que hacia muchísimos años que se sabia, y que habia servido de fundamento á varias lámparas que despues se abandonaron. La única innovacion hecha en estas por Edisson, consiste en impedir que la corriente funda el hilo de platino; fusion que llevaria consigo la ruptura de éste, la del circuito y la cesacion de la luz. Para que la espiral de platino brille bastante y dé luz, es preciso que su tempe-



ratura sea muy elevada y esté cerca de la de fusion del metal sin llegar nunca á ella. Este resultado se consigue en la lámpara de Edisson por medio del siguiente mecanismo. La corriente eléctrica penetra en una varilla metálica y la recorre en toda su longitud. De aquí pasa la corriente á una espiral de platino que envuelve la varilla sin tocarla, y de aquí sale para ir al polo negativo de la pila. Tanto bajo el paso del flúido eléctrico, como á causa del calor radiado por la espiral de platino incandescente, la varilla metálica se calienta, se dilata, y al hacerlo mueve una palanquilla destinada á cerrar el circuito por otro lado, ofreciendo un fácil paso á la corriente. La mayor parte del flúido eléctrico se vá al polo negativo por este nuevo y fácil camino que se le ofrece, y deja de pasar por la espiral y por la varilla: ésta se enfria, se acorta, y mueve la palanquilla en sentido contrario al de ántes; de donde resulta que se corta el camino al flúido y éste tiene que pasar por entero por la varilla y la espiral. Ahora todo consiste en arreglar el mecanismo con tal precision que el nuevo camino que se ofrece al flúido no se abra hasta que se acerque la espiral á aquella temperatura en que peligra de fundirse. Esto es lo único de nuevo que hay en la invencion, y aun eso no tiene nada de sorprendente. Despues de todo, creemos que esta lámpara no ha resuelto nada ni está llamada á prestar servicio alguno de importancia en ninguna aplicacion.

Casi estábamos tentados á decir lo mismo de una nueva lámpara de Edisson, cuya noticia llega á nuestras manos en el preciso momento en que escribimos estas líneas. A vuelta de muchos disparates, sacamos en claro



de lo que dicen los periódicos, que esta nueva y maravillosa invencion consiste en hacer pasar la corriente por una herradura de cartulina carbonizada y colocada en un globo de vidrio en que se ha hecho el vacío. Ni nos parece la idea muy nueva, ni creemos las maravillas que de semejante disposicion se cuentan. El tiempo dirá. Desearíamos equivocarnos.

Otras dos lámparas de incandescencia podemos citar, la de Konn y la Bouliguine, las cuales toman el carbon en vez del platino para elevar su temperatura hasta la incandescencia por medio de la corriente eléctrica. El principio en que están fundadas es el mismo que el de las lámparas de espiral de platino. Si una corriente eléctrica recorre una barrita de carbon corto y delgado que le ofrece gran resistencia, una parte del flúido eléctrico se convierte en calor que eleva la temperatura de la barrita al rojo brillante y la hace luminosa. La barra ó las barras de carbon van colocadas dentro de un receptáculo de vidrio donde se hace préviamente el vacío. Hay los mecanismos necesarios para hacer el cambio de barra cuando una se gasta, ó para moverla y cerrar el circuito nuevamente cuando se emplea una sola barra y se rompe el pedacito que se calienta. Estas lámparas son muy inferiores á las de Reynier y Werdermann, y hoy están abandonadas.



BUJÍAS ELÉCTRICAS.

A más de las lámparas-reguladores de arco voltáico, de las lámparas de incandescencia y de las lámparas mixtas, que ya hemos dado á conocer, se ha ideado una cuarta clase de lámparas en las cuales los carbones no están colocados el uno en la prolongacion del otro, sino paralelamente, ó sea el uno al lado del otro. Estos aparatos han recibido el nombre de *bujías eléctricas*, y como son los más sencillos, son los que se han aplicado al alumbrado público en Francia, en Inglaterra y en otras naciones.

Bujía Jablochkoff.—Nada tenemos que explicar respecto á esta bujía, que ya conocen nuestros lectores. Los experimentos de que está siendo objeto en las calles de Paris y de Lóndres, y la baratura con que se logre fabricarlas, contribuirán á decidir acerca de la suerte que espera al sistema Jablochkoff en la lucha ó competencia que ha entablado con el gas.

Desde que describimos este sistema de alumbrado eléctrico hasta el dia, la única innovacion importante que en él se ha introducido, consiste en la interposicion de grandes condensadores en los circuitos, los cuales, segun asegura Du Moncel, aumentan la cantidad de electricidad y la tension del flúido. Estos condensadores están formados por muchas y grandes hojas de estaño



separadas por tafetan engomado ó por papel empapado en parafina.

Bujía Wilde.—Esta bujía consiste, como la anterior, en dos barritas de carbon-Carré de 25 centímetros de largo y 4 milímetros de diámetro, colocadas *casi* paralelamente una á otra á una pequeña distancia, y sostenidas en soportes metálicos. Uno de los soportes está articulado á una pieza fija, y lleva una prolongacion ó cola de hierro que sirve de armadura á un electro-iman. La corriente de la máquina generatriz del flúido pasa por el hilo del electro-iman: sube por el soporte articulado: penetra en la barra de carbon que vá en ese soporte y sube hasta la punta: pasa de esta punta á la de la otra barra, salvando el pequeño espacio que las separa y produciendo el arco voltáico: desciende por esta barra: llega al soporte fijo que la sostiene, y de aquí vá al polo negativo de la máquina generatriz. El resorte antagonista de la armadura está graduado con tal fuerza, que cuando no pasa corriente el soporte articulado está en su posicion extrema; entónces la barra de este soporte está muy inclinada sobre la barra vertical y se tocan las dos puntas. Si en tal estado lanzamos la corriente en la bujía, el flúido pasará de una punta á la otra, puesto que se tocan. Esta corriente, demasiado enérgica, produce una imantacion demasiado grande en el electroiman: la armadura es atraida con fuerza, y hace bascular el soporte articulado, y separa la barrita móvil de la barrita de carbon fija. En cuanto se produce esta separacion, se constituye el arco voltáico y brilla la luz. El movimiento de báscula que tiene la barra de carbon móvil no ha de ser nunca tal que las barras lleguen á



ponerse paralelas; porque en este caso no habria razon alguna para que el arco voltáico estuviera siempre donde debe estar, que es entre las dos puntas de los carbones. No llegando nunca los carbones al paralelismo, sucederá siempre que donde están más próximos es en las puntas; por lo tanto, por allí pasará el flúido, el cual sigue siempre el camino que le ofrece ménos resistencia, que aquí es el más corto.

Bujía Jamin.—Ya hemos dado á conocer á nuestros lectores esta bujía, de la cual no podemos decir otra cosa sino que no sabemos que haya reemplazado á las dos anteriores, que son más antiguas que ella. Tal vez no ha correspondido en la práctica á las esperanzas que hizo concebir la sencillez del principio en que se funda.


FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

CARBONES ELÉCTRICOS.

En todas las lámparas eléctricas hemos visto que la luz se produce entre dos carbones ordinariamente formando barras cilíndricas ó prismáticas. Estas barras, que se fabrican hoy en gran cantidad, pueden tener el diámetro que se quiera, y un largo de medio metro ó ó más, si así se desea. Están formadas por carbono lo más puro que se puede obtener industrialmente, moldeadas en pasta fina á una presion enorme y calcinadas al rojo, fuera del contacto del aire. Los carbones que parece que se han generalizado más en Francia, son los de Carré. Se encuentran en barras cuyo diámetro varía desde uno á quince milímetros.

FUERZA MOTRIZ ABSORBIDA PARA PRODUCIR LA LUZ ELÉCTRICA.

Las lámparas de arco voltáico son, hasta el dia, las que mejor utilizan la corriente eléctrica para convertirla en luz, ó lo que es lo mismo, esas lámparas son las que dan la luz con más economía de fuerza motriz.

La luz del arco voltáico *producido por una máquina de*



corrientes continuas no radia igualmente en todas direcciones. La mayor intensidad la tienen los rayos descendentes que forman un ángulo de 50º á 60º con el horizonte.

Segun Fontaine, los rayos horizontales tienen una intensidad *que es la mitad de la media de todos*. De donde se deduce que, para medir la intensidad de la luz que reparte un foco eléctrico en derredor suyo, no hay más que multiplicar por 2 la intensidad de la luz medida horizontalmente. Esta irregularidad en la intensidad luminosa de los rayos más ó ménos inclinados, depende de la forma que toman los extremos de los carbones, extremos entre los cuales se encuentra alojado el arco voltáico. El carbon positivo, que es generalmente el superior, se desgasta ahuecándose y tomando la forma de un *cráter;* al paso que el negativo se talla él mismo en *punta*. El *cráter,* que es muy brillante, emite más luz que la *punta,* y además refleja hácia abajo, como un espejo parte de la luz del arco.

No es posible establecer de un modo absoluto la cantidad de luz que se obtiene por cada caballo de fuerza que se gasta; porque la fuerza se puede utilizar mejor ó peor, segun la velocidad que se dé á la máquina generatriz del flúido, segun la magnitud del arco voltáico, y segun la longitud de los conductores que llevan la electricidad desde la máquina generatriz á la lámpara.

La velocidad de la máquina generatriz, favorece la economía: cuanto más deprisa gire aquella, más tension eléctrica obtendremos por caballo. Pero para utilizar ese aumento de tension, seria preciso aumentar la longitud del arco voltáico, y esto tiene un límite. El arco no



puede en la práctica exceder de *cinco milímetros*, y aun así la luz es ya muy irregular é inestable. A no ser por este escollo, podríamos decir que el arco debe ser tan grande como sea posible. La ordinaria longitud del arco es de tres á cuatro milímetros.

La longitud de los conductores disminuye considerablemente la cantidad de electricidad y de luz que se obtiene. A medida que aumenta esa longitud, disminuye la cantidad de luz obtenida por caballo de fuerza gastada.

Suponiendo que la velocidad de la máquina sea de 700 á 900 vueltas por minuto, que es lo ordinario, y que el arco voltáico sea de 3 milímetros, y que el conductor tenga 100 metros de largo, podemos decir que por cada caballo de fuerza se obtendrá una luz cuya intensidad será de 100 á 200 mecheros-Carcel. Término medio, 150 mecheros.

Sustituyendo el conductor ó cable de 100 metros por uno de 2,000 se ha obtenido la mitad de la luz.

COSTE DE LA LUZ ELÉCTRICA.

Hé aquí, segun Fontaine, el coste del alumbrado eléctrico en fábricas y talleres, donde se disponga de una fuerza motriz de vapor ó hidráulica, de la cual puedan tomar el movimiento las máquinas-Gramme.

Claro es que este caso es más favorable al establecimiento del alumbrado eléctrico, que no aquel en que



hay que empezar por establecer la máquina motriz, porque en el primero no hay que contar con el capital que este establecimiento prévio exigiria.

Una máquina-Gramme de una potencia de 150 mecheros, cuesta en Francia 1600 francos. Un regulador-Serrin, 450 francos. Los conductores de transmision, de uno á dos francos por metro. Un aparato completo, máquina, regulador, transmisiones, montaje, conductores, puede valuarse, en España, en 2500 pesetas. Los carbones para el regulador cuestan á dos francos el metro, y se gastan á razon de 8 centímetros por hora.

Supongamos una fábrica donde se necesiten cuatro luces de 150 mecheros cada una. Los cuatro aparatos completos y montados costarán 10.000 pesetas.

Supongamos que el alumbrado debe durar 500 horas al año.

El gasto por año será el siguiente:

4000 kilógramos de combustible á 35 pesetas la tonelada.	140 pesetas.
160 metros de barras de carbon á 2 pesetas metro.	320 »
Cuidado y limpieza de los aparatos, engrasado, etc., á 0'5 pesetas por hora.	250 »
Amortizacion de 10.000 pesetas á 10 por 100 al año.	1.100 »
Total al año.	1.810 pesetas.

Si en vez de una máquina motriz de vapor se hubiese dispuesto de una fuerza hidráulica, el gasto total hubiera sido de 1670 pesetas, (supresion del gasto de combustible).

Si en vez de cuatro luces eléctricas que hemos supues-



to, solamente hubiese una, el gasto de cuidado, limpieza y engrasado (gasto de conservacion), seria por hora de 0,3 pesetas: vemos que aumenta algo, (así como disminuiria, si hubiese más de cuatro luces) el gasto *de conservacion* por luz y hora.

En las condiciones que preceden, el precio por hora de una luz eléctrica de 150 mecheros, suponiendo un alumbrado de 500 horas al año, y máquina de vapor, es de 0,90 pesetas: lo cual dá un gasto de 0,007 pesetas por hora y por luz, equivalente á la de un mechero de gas.

Hé aquí ahora el cálculo de Leroux para el alumbrado eléctrico con un solo aparato, con máquina de vapor especial y exclusiva para él, y para un servicio de todo el año á razon de diez horas diarias de alumbrado.

El capital empleado en el aparato y su máquina de vapor, así como en la instalacion, lo valúa en 12,000 pesetas.

Amortizacion por dia de las 12,000 pesetas á razon del 10 por 100 al año.	3,35	pesetas
Combustible, 100 kilos á 40 pesetas la tonelada. . .	4	»
Salario del fogonero-maquinista.	5	»
Barras de carbon.	3,60	»
Conservacion.	1,30	»
Gasto por dia.	17,25	pesetas.

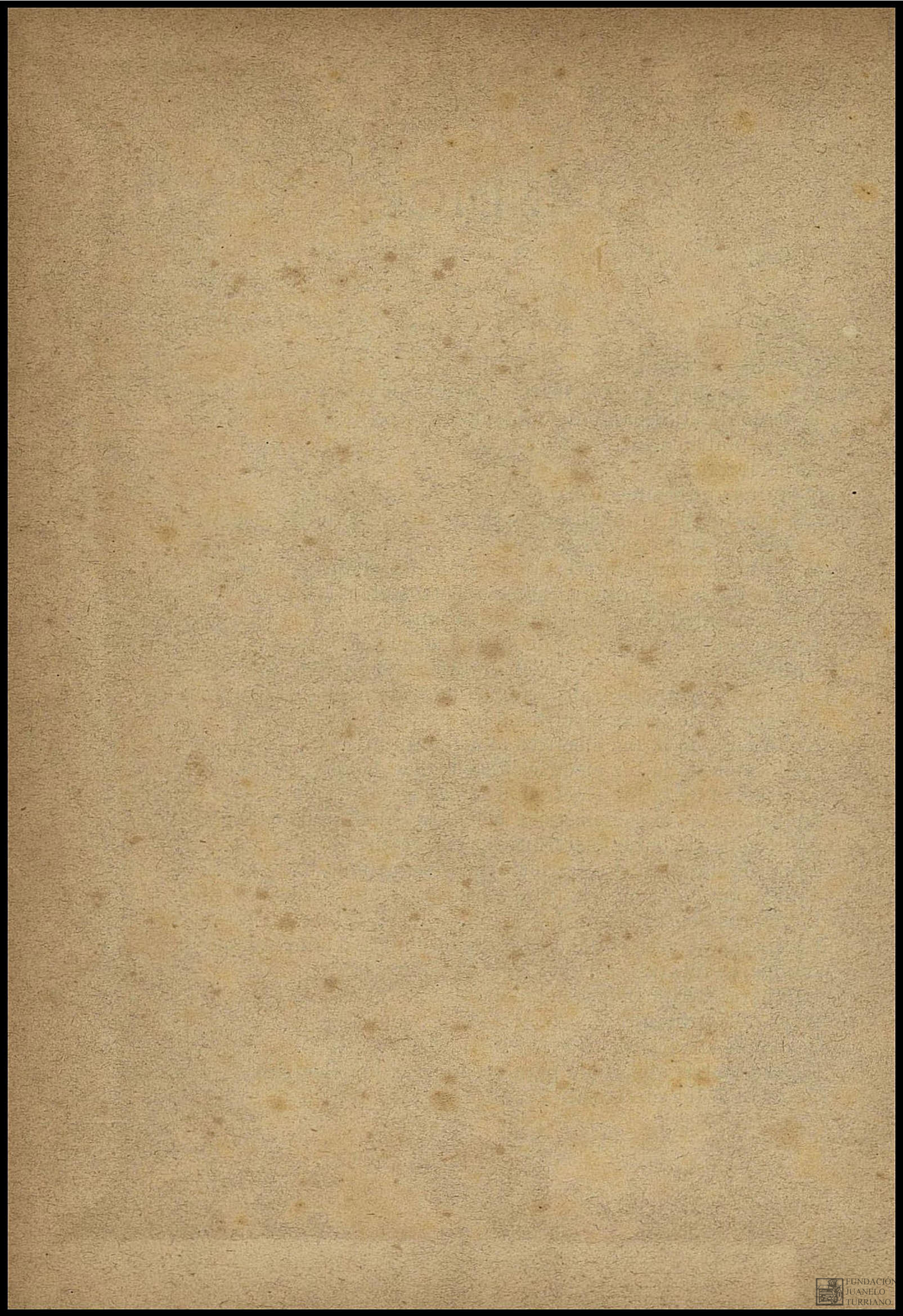
Lo que dá por gasto por hora y por luz eléctrica 1,72 pesetas, y por hora y mechero ordinario de Carcel 0,012 pesetas.

FIN.

FUNDACIÓN JUANELO TURRIANO

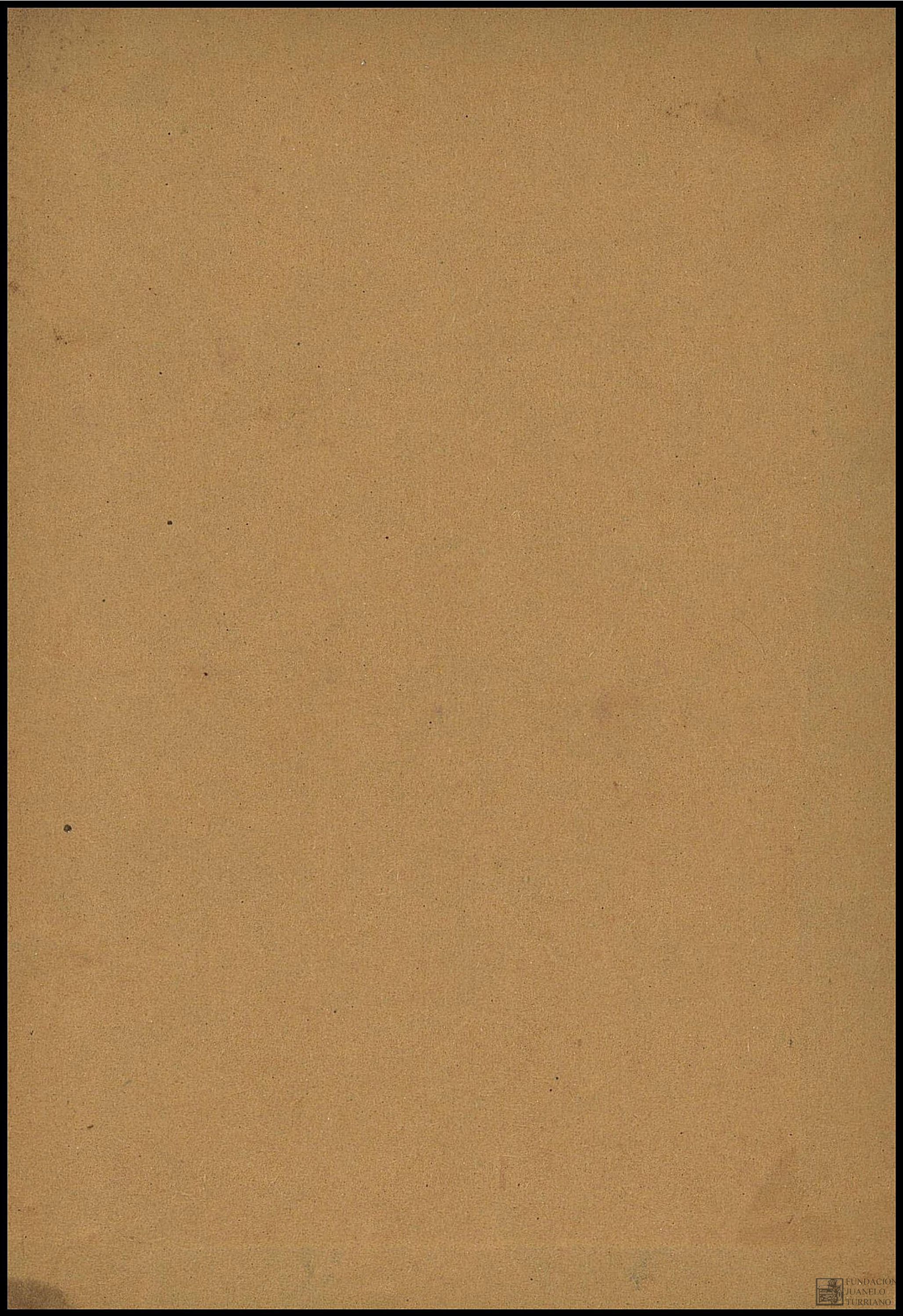
ÍNDICE.




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

